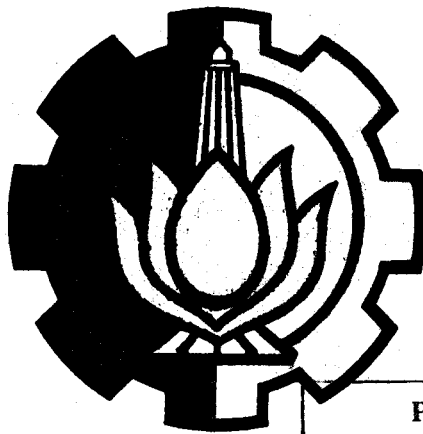


15161 / A / 08

TUGAS AKHIR

POMPA

**MODIFIKASI
SISTEM INSTALASI PERPIPAAN
CHILLED WATER
PADA GEDUNG BBD TOWER SURABAYA**



RSM
696.2
Sdt
11-1
1009

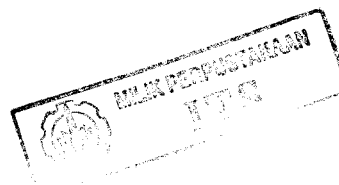
Oleh :

SULIS SETIAWAN

2196 030 052

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	6-7-2000
Terima Oleh	H
No. Agenda Prp.	21-708

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1999**

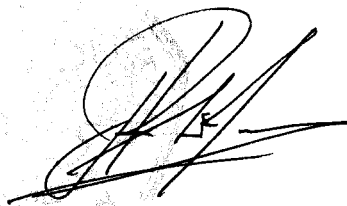


LEMBAR PENGESAHAN

**MODIFIKASI
SISTEM INSTALASI PERPIPAAN
CHILLED WATER
PADA GEDUNG BBD TOWER SURABAYA**

TUGAS AKHIR

**Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing**



Ir. Budi Luwar Sanyoto
NIP. 131 918 693

**SURABAYA
1999**

ABSTRAKSI

Gedung BBD Tower Surabaya mempunyai sepuluh (10) lantai dan terletak diatas gedung Tunjungan Plasa II Surabaya yang memiliki lima(5) lantai. Untuk memenuhi kebutuhan pendinginan ruangan pada gedung BBD Tower ini, digunakan sistem pendinginan sentral yang menggunakan media pendingin Chilled Water dan terpusat pada Chiller yang terdapat pada lantai enam (6). Pipa yang digunakan untuk mendistribusikan air dingin dari pompa sampai alat pendingin ruangan atau biasa disebut Air Handling Unit (AHU), menggunakan dua jalur perpipaan. Kedua jalur tersebut, selain memenuhi kebutuhan Chilled Water pada AHU Gedung BBD Tower juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan Chilled Water pada AHU pertokoan Tunjungan Plasa II Surabaya yang terletak pada lima lantai dibawahnya. Sehingga terdapat jalur pipa yang keatas dan yang ke bawah. Karena adanya gaya grafitasi, maka air cenderung mengalir kebawah sehingga para teknisi megalami kesulitan dalam pembagian aliran airnya.

Karena adanya kasus tersebut, maka pihak perusahaan minta untuk di rencanakan jalur pipa distribusi baru yang khusus memenuhi kebutuhan Chilled Water pada AHU Gedung BBD Tower Surabaya, Dalam Tugas Akhir ini akan direncanakan diameter pipa distribusi baru, untuk Gedung BBD Tower Surabaya, penentuan kapasitas Chiller yang dipakai untuk mendinginkan air , dan dilakukan pemilihan jenis dan type pompa yang sesuai untuk mensirkulasikan Chilled water dari pompa mancapai seluruh AHU pada Gedung BBD Tower Surabaya,

Dari perhitungan diperoleh ukuran diameter pipa terkecil adalah 2.5 inch dan diameter terbesar 8 inch. Head total instalasi sebesar 26 m, kapasitas Chiller yang dipakai adalah 300 TR, jenis pompa yang sesuai adalah pompa centrifugal dengan type ETA-N 100x80 – 315.1 dengan head pompa 26 m dan kapsitas 720 USGPM

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang maha Esa yang telah memberikan karunianya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, tidak semata-mata karena kemampuan penyusun sendiri, tetapi juga adanya bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan dorongan moral, pikiran dan tenaga untuk membantu penyusun sehingga dapat terkumpulnya data-data yang relevan dengan Tugas Akhir ini.

Untuk itu kami ucapkan banyak-banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Prof.Ir. Soegiono, Rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Bapak DR.Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA, Ketua jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Bapak DR.IR. Soeharto, DEA, Ketua Program Studi D-3 Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Bapak Ir. Budi Luwar Sanyoto, selaku dosen pembimbing yang telah menyumbangkan waktu, tenaga, serta fikirannya.
5. Panitia Penguji Tugas Akhir.
6. Ibu dan adik-adikku yang selalu memberikan dorongan dan do'a restunya.
7. Bapak Ir. Ahmad Benyamin, selaku pembimbing lapangan yang telah membantu dalam pengumpulan data.
8. Imunk, Mbambung, Mbah Beno, Ceccek, Nojan, Drenges dan Semua rekan – rekan **DEMits ' 96**

Semoga segala amal ibadah kita diterima oleh tuhan Yang maha Esa.

Surabaya.

penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAKSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
KONVERSI SATUAN.....	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG PERMASALAHAN	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN TUGAS AKHIR.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	2
1.5 METODOLOGI PENULISAN.....	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 CHILLED WATER.....	4
2.1.1 Chiller.....	4
2.1.1.1 Compresor.....	5
2.1.1.2 Condensor.....	6
2.1.1.3 Evaporator.....	10
2.1.1.4 Alat expansi.. ..	12
2.1.1.5 Akumulator.....	13
2.1.16 kapasitas chiller.....	13
2.1.1.7 Cara kerja chiller... ..	14
2.1.2 Air Handling Unit (AHU)	17
2.1.3 Cooling tower	19
2.1.4 Expansion Tank.....	21

2.1.4.1 Expansion Tank Terbuka.....	21
2.1.4.1 Expansion tank tertutup.	21
2.2 SISTEM PIPA AIR.	22
2.3 PENENTUAN DIAMETER PIPA	23
2.4 KECEPATAN ALIRAN AIR	25
2.5 HEAD LOSS	26
2.5.1 Head loss mayor	26
2.5.2 head loss minor	27
2.5.3. Head loss minor pada Two Way Valve	28
2.5.4 Head loss pada pengecilan penampang secara mendadak	29
2.5.5 head loss pada pembesaran penampang secara mendadak	30
2.6 DIVERSITY VAKTOR BEBAN PENDINGINAN	30
2.7 POMPA	31
2.7.1 Klasifikasi pompa.....	32
2.7.1.1 Pompa positif displacement	32
2.7.1.2 Pompa Non Positif displacement	34
2.7.2 Kapasitas pompa	35
2.7.3 Head pompa	35
2.7.4 NPSH	36
2.7.4.1 NPSH yang diperlukan ($NPSH_R$)	36
2.7.4.2 NPSH yang tersedia ($NPSH_A$)	37

BAB III PERHITUNGAN DAN PEMILIHAN POMPA.

3.1 PERHITUNGAN.	38
3.1.1 Penentuan Diameter Pipa	41
3.1.1.1 Penentuan diameter pipa seksion A-AHU ₂₅ ..	41
3.1.1.2 Penentuan diameter pipa seksion pipa utama- AHU ₂₀₋₂₄	42
3.1.1.3 Penentuan diameter seksion A-B.....	42
3.1.1.4 Tabel hasil perhitungan	43

3.1.2 Penentuan Kapasitas Chiller	44
3.1.3 Perhitungan Head loss Instalasi	44
3.1.3.1 Perhitungan Head loss Pada Jalur Pipa	
Seksion A-AHU ₂₅	44
3.1.3.1.1 Head loss mayor	45
3.1.3.1.2 Head loss pada elbow	45
3.1.3.1.3 Head loss pada gate valve.....	46
3.1.3.1.4 Head loss pada Two way valve	46
3.1.3.1.5 Head loss pada strainer.....	47
3.1.3.2 Tabel Hasil perhitungan head loss	
seksion A – AHU ₂₄	48
3.1.3.3 Head loss Seksion A-B	49
3.1.3.3.1 Head loss mayor.....	49
3.1.3.3.2 Head loss pada tee	49
3.1.3.3.3 Head loss pada suddenly enlarge ..	50
3.1.3.3.4 Head loss pada suddenly	
contraction	50
3.1.4 Head loss Total Instalasi	54
3.2 PEMILIHAN POMPA	54
3.2.1 Kapasitas pompa	55
3.2.2 Head pompa	55
3.2.3 pemilihan jenis pompa	57
3.2.4 Pemilihan Type Pompa	58
3.2.5 Pemeriksaan Letak Pompa.....	59
3.2.6 Pompa Cadangan	59
BAB IV KESIMPULAN	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kecepatan air maksimum untuk memperkecil erosi	25
Tabel 2.2 Kecepatan air yang dianjurkan.....	26
Tabel 2.3 Faktor gesekan pada pengecilan penampang secara Mendadak.....	30
Tabel 2.4 Diversity Factor for Large Building	
Tabel 3.1 Data-data hasil perhitungan diameter dan kecepatan aktual....	43
Tabel 3.2 Head loss pada seksion A-AHU ₂₄	48
Tabel 3.3 Head loss pada tiap seksion/titik	51
Tabel 3.4 Karakteristik Pompa	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Chiller	5
Gambar 2.2 Kompresor 5 tingkat	6
Gambar 2.3 Kondensor pendinginan udara	8
Gambar 2.4 Kondensor pendinginan air	9
Gambar 2.5 Evaporative kondensor	10
Gambar 2.6 Flooded evaporator	11
Gambar 2.7 Dry evaporator	11
Gambar 2.8 Ekonomiser 2 tingkat.....	13
Gambar 2.9 Diagram alir chiller.....	14
Gambar 2.10 AHU	18
Gambar 2.11 Cooling Tower	20
Gambar 2.12 Expansion Tank sistem tertutup	22
Gambar 2.13 Expansion Tank sistem terbuka	22
Gambar 2.14 Aliran steady melalui aliran piapa	24
Gambar 2.15 Two way valve type modulating	29
Gambar 2.16 Pengecilan penampang secara mendadak	30
Gambar 2.17 Pembesaran penampang secara mendadak	30
Gambar 2.18 Klasifikasi Pompa Positif Displacement	33
Gambar 2.19 Klasifikasi Pompa Non Positif Displacement	34
Gambar 3.1 Instalasi Chiller	38
Gambar 3.2 Instalasi distribusi Chilled Water	39
Gambar 3.3 Detail instalasi seksion A-AHU ₂₄	40
Gambar 3.4 Instalasi ruang AHU	40



KONVERSI SATUAN

1 Atmospheres	=	14,7 pound/square inch
1 Atmospheres	=	1,033 Kilogram/square centimeter
1 Atmospheres	=	101,325 Kpa
1 Atmospheres	=	33,95 Feet of 62° F Water
1 Btu/lb°F	=	4,184 Kilo joules
1 Btu	=	252 Gram kalori
1 °C	=	5/9(°F – 32)
1 Feet	=	0,3048 m
1 Feet	=	12 Inch
1 US Gallon	=	3,7854 liter
1 Hour	=	60 Minute
1 Inch	=	2,54 cm
1 Kg/cm ²	=	32,85 Feet of 62° F Water
1 Kg/cm ²	=	10,01 m of 15° C water
1 Lbm/m ²	=	2,310 Feet of 62° F water
1 Liter	=	1 Decimeter Cubic
1 minute	=	60 Second
1 puond force	=	0,4536 kg
1 Pound/square inch	=	2,307 Feet of water
1 TR	=	12000 Btu/h

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG.

Manusia selalu berusaha untuk membuat keadaan sekelilingnya menjadi lebih nyaman. Air Conditioning adalah salah satu alat yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Sistem sentralisasi merupakan salah satu sistem pendingin ruangan yang dipakai untuk memenuhi beban pendinginan yang besar seperti perkantoran, pusat perbelanjaan, gedung-gedung bertingkat dan lain-lain.

Gedung BBD Tower Surabaya yang mempunyai 10 (sepuluh) lantai yang terletak diatas gedung Tunjungan Plasa II Surabaya yang memiliki 5(lima) lantai, dan menggunakan sistem pendinginan sentral yaitu sistem sirkulasi Chilled Water sebagai media pendingin dimana sistem sirkulasi Chilled Water tersebut didinginkan secara terpusat dengan menggunakan Chiller yang terletak pada lantai enam (6).

Pipa yang digunakan untuk mendistribusikan Chilled Water dari pompa sampai pendingin udara ruangan atau yang biasa disebut Air Handling Unit (AHU) , mempunyai dua jalur perpipaan. Jalur yang pertama memenuhi AHU pada lantai 6 sampai lantai 8 dan beberapa lantai pertokoan dibawahnya. Sedangkan Jalur yang kedua selain memenuhi AHU pada lantai 9 sampai lantai 15 juga memenuhi beberapa AHU pada beberapa lantai pertokoan dibawahnya.

Dengan adanya gaya grafitasi maka air cenderung mengalir kebawah sehingga setiap saat harus dilakukan pengecekan serta pengaturan valve-valve nya supaya aliran air nya merata. Dengan adanya kasus tersebut, teknisi mengalami kesulitan dalam mengatur kapasitas aliran airnya, dan ini memerlukan tenaga dan biaya yang besar. Oleh sebab itu perencanaan sistem distribusi Chilled Water yang baik dan efisien yang khusus melayani AHU pada gedung BBD Tower Surabaya sangat diperlukan.

1.2 PERUMUSAN MASALAH.

Untuk merencanakan distribusi pipa baru untuk Chilled Water pada gedung BBD Tower, maka harus di tentukan :

1. Diameter pipa distribusi
2. Besarnya kapasitas Chiller.
3. Head loss jalur pipa.
4. Jenis dan type pompa.

1.3 TUJUAN TUGAS AKHIR.

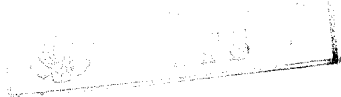
Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah selain untuk memenuhi kurikulum yang ada di program studi D-3 Teknik Mesin FTI-ITS , juga untuk membantu mahasiswa memahami dan memecahkan persoalan yang erat hubungannya dengan instalasi pompa sistem distribusi Chilled Water berdasarkan teori dari perkuliahan.

1.4 BATASAN MASALAH.

1. Lay out pipa sudah di tentukan.
2. Aliran steady.
3. Data-data Chiller sudah ditentukan pabrik.
4. Memakai Open Expansion Tank.
5. AHU tiap-tiap lantai sudah ada.
6. Perencanaan dikhususkan pada distribusi Chilled Water pada gedung BBD Tower.

1.5 METODOLOGI PENULISAN.

Metode yang digunakan untuk pengumpulan data-data dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Melakukan pengamatan langsung kelapangan pada gedung BBD Tower Surabaya.
 2. Wawancara dengan karyawan pada bagian yang berhubungan dengan pengumpulan data Tugas Akhir.
- 

3. Study literatur berupa kajian terhadap teori yang berhubungan dengan permasalahan dan kajian terhadap brosur-brosur yang ada.
4. Melakukan perencanaan ulang.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 CHILLED WATER

Chilled water adalah suatu media pendingin udara didalam ruangan dengan mendistribusikan terlebih dahulu Chilled Water tersebut ke Air Handling Unit (AHU) sebagai pusat pendingin udara sebelum didistribusikan kedalam ruangan.

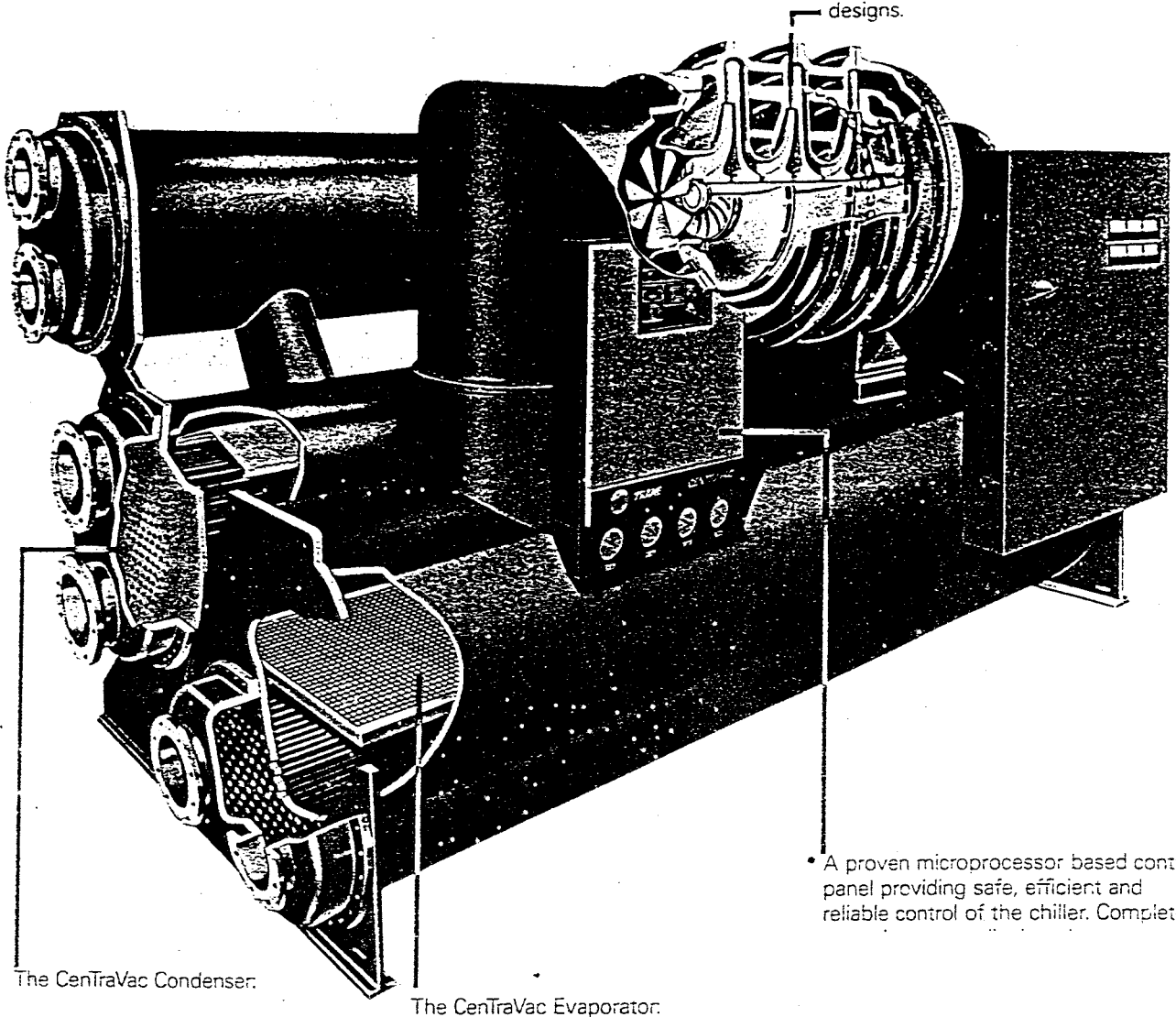
Dalam menjalankan fungsinya, Chilled Water dilengkapi dengan beberapa peralatan yaitu :

- Chiller.
- AHU
- Cooling Tower.
- Expansion Tank.
- Sistem perpipaan.

2.1.1 Chiller.

Chiller merupakan pusat operasi dari Chilled Water. Chiller berfungsi untuk mendinginkan air sebelum air tersebut didistribusikan ke tiap-tiap AHU. Bagian-bagian dari Chiller yaitu : Motor listrik, Kompresor, kondensor, evaporator, peralatan ekspansi, dan akumulator. Gambar 2.1 menunjukkan gambar dari Chiller.

- A three stage compressor for superior efficiency compared to single stage designs.



The CentraVac Condenser.

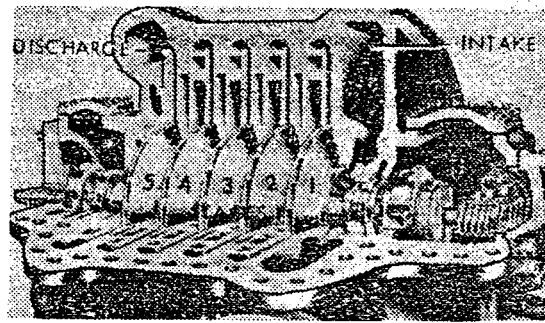
The CentraVac Evaporator.

Gb 2.1 Chiller^[11]

2.1.1.1 Kompresor.

Kompresor merupakan alat untuk memampatkan fluida compressible. Didalam chiller, kompresor yang dipakai biasanya menggunakan kompresor bertingkat. Dengan memakai kompresor bertingkat ini, maka kerja dari kompresor akan lebih ringan.

Gambar 2.2 menunjukkan contoh kompresor lima tingkat.



Gb 2.2 Kompresor 5 tingkat^[6]

Prinsip kerja kompresor sentrifugal bertingkat :

Sama dengan fan atau pompa sentrifugal yaitu gas dengan tekanan rendah dan kecepatan rendah dari saluran hisap mengalir melalui poros roda impeller. Waktu melalui roda impeller gas didorong tegak lurus ke luar antara daun impeller oleh tenaga sentrifugal yang timbul dari roda yang berputar dan dari ujung daun kerumah kompresor dengan kecepatan yang tinggi serta suhu dan tekanan yang lebih tinggi. Gas dengan tekanan dan kecepatan tinggi di alirkan dari rumah kompresor ke saluran yang dapat mengurangi kecepatannya dan disalurkan pada tingkat ke 2 atau jika ini tingkat terakhir dari kompersor, gas di alirkan ke ruangan pengumpul dan kemudian melalui saluran tekan mengalir ke kondensor.

2.1.1.2 Kondensor.

Kondensor pada dasarnya adalah alat untuk mengkondensasikan gas refrigerant yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi akibat di kompresikan oleh kompresor. Kondensor mempunyai beberapa type yang pembagiannya didasarkan pada media pendinginnya, yaitu :

- (i). Kondensor pendinginan udara.

(ii). Kondensor pendinginan air.

(iii) Evaporatif kondensor .

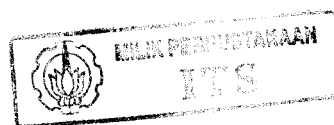
Ada juga type yang ke empat yaitu kondensor pendinginan tanah, namun ini tidak umum dipakai.

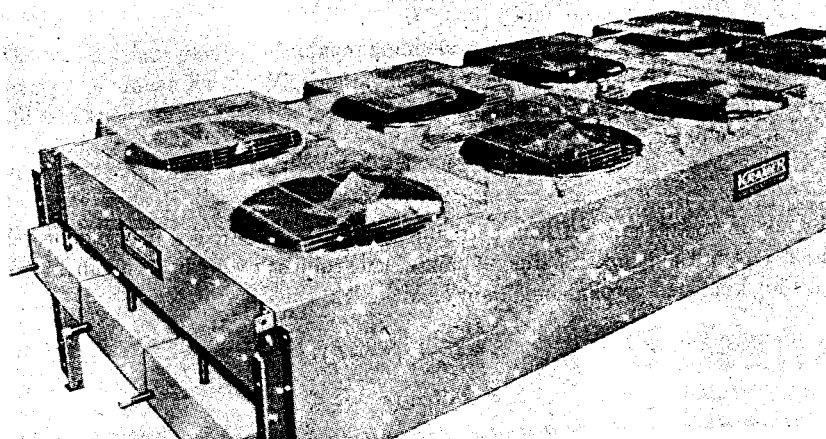
- Kondensor pendinginan udara.

Dalam kondensor pendinginan udara, panas di pindahkan dengan menggunakan udara yang bergerak bebas atau dengan dihembuskan oleh fan. Kondensor ini terbuat dari baja, tembaga, atau aluminium yang berbentuk pipa yang dilengkapi dengan fin untuk memperlebar luas permukaan pemindah panas. Refrigerant mengalir di dalam pipa, sedangkan udara mengalir di luar pipa.

Kondensor pendinginan udara digunakan hanya untuk kapasitas mesin yang kecil, seperti kulkas, dan pendingin air dalam jumlah kecil yang menggunakan kawat dan pipa vertikal atau pelat dan pipa yang konstruksinya untuk pendingin udara bebas. AC windows menggunakan pendinginan udara dengan digerakkan oleh tenaga penggerak dan mempunyai fin 5-7 per cm pipa. Jika menggunakan pendinginan udara dengan digerakkan suatu alat penggerak atau biasa di sebut forced conveksion maka, secara teori bisa dipakai luas permukaan total 10-15 m² untuk tiap 1 ton refrigerant dengan kecepatan aliran udara yang melewatinya antara 2-5 m/s.

Condensor dengan pendinginan udara jarang digunakan untuk kapasitas pendinginan di atas 5 TR , sebab diatas 5TR diperlukan tekanan udara yang tinggi , tenaga yang lebih dan fan yang suaranya mengganggu. Gambar 2.3 menunjukkan kondensor dengan pendinginan udara.





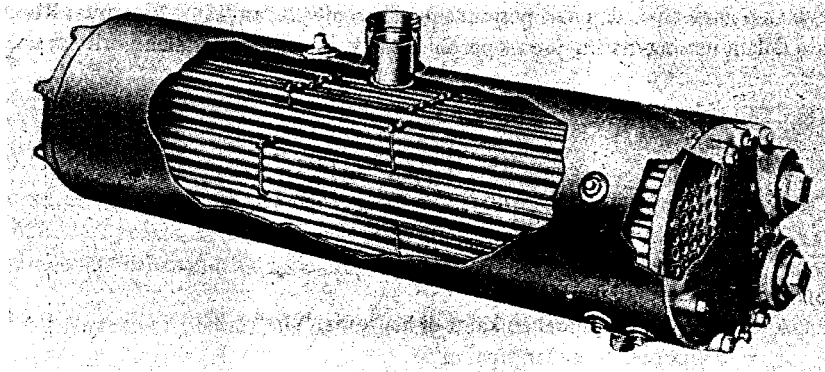
Gb 2.3 Kondensor pendinginan udara^[7]

- Kondensor dengan pendinginan air.

Kondensor dengan pendinginan air dapat di bagi menjadi 3 type yaitu : tabung dan pipa, tabung dan coil, dobel pipa. Type tabung dan pipa , air mengalir didalam pipa-pipa dan refrigerant berada didalam tabung. Gambar 2.4 menunjukkan gambar kondensor dengan pendinginan air.

Sebuah kondensor tabung dan pipa , di lengkapi sebuah receiver yang khusus untuk pumping down refrigerant , sebab dalam kondensor ini tersedia ruangan yang cukup besar didalam tabung. Tabung ini terbuat dari tabung tembaga yang dipakai untuk fluoro carbon , dan tabung baja untuk amonia.

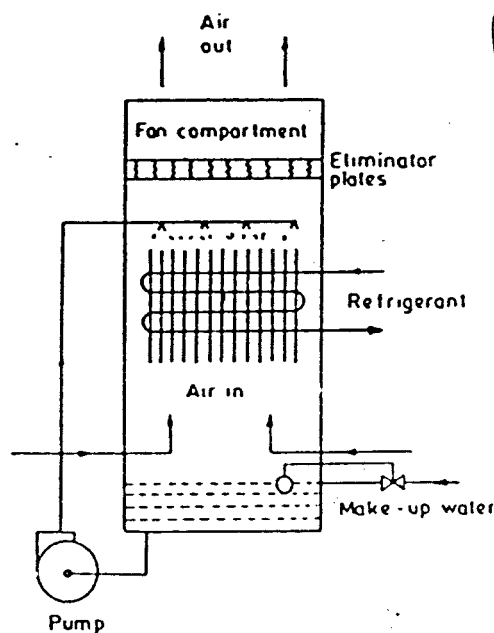
Kondensor tabung dan coil terbuat dari sebuah tabung tertutup yang didalam nya terdapat coil air atau kadang-kadang fin-fin pipa yang di sambung dengan las listrik. Untuk kondensor dengan susunan double pipa , refrigerant mengalami kondensasi di pipa yang bagian luar dan air mengalir didalam pipa bagian dalam dengan arah yang berlawanan.



Gb 2.4 Kondensor pendinginan air^[7]

- Evaporative kondensor.

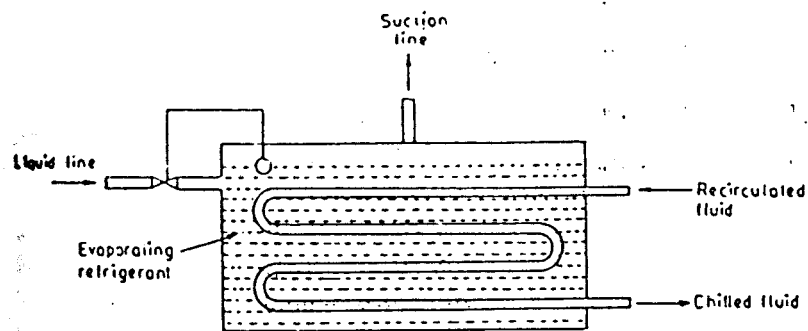
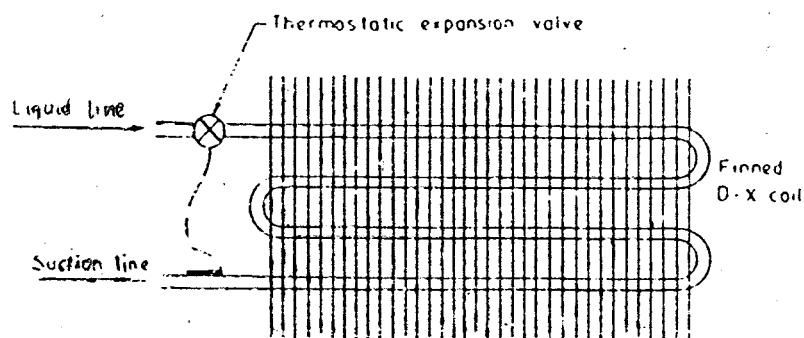
Gambar 2.5 merupakan gambat dari evaporatif kondensor. Pertama refrigerant mengeluarkan panasnya ke air dan kemudian air mengeluarkan panasnya ke udara yang biasanya dalam bentuk butiran air. Evaporative kondensor pada umumnya dipakai di pabrik amonia yang besar.

Gb 2.5 Evaporative kondensor^[8]

2.1.1.3 Evaporator.

Evaporator adalah komponen sistem pendinginan yang berfungsi untuk mengambil panas dari udara, air, atau bahan-bahan lain sehingga terjadi penguapan pada refrigerant.

Evaporator pada dasarnya diklasifikasikan menjadi flooded evaporator dan dry evaporator. Pada flooded evaporator, cairan refrigerant menyelimuti seluruh permukaan pemindah panas. Sebuah flooded valve digunakan untuk meng ekspansikan refrigeran di dalam ruang sebuah flooded evaporator. Gambar sebuah flooded evaporator yang digunakan seperti pada Water chiller dengan refrigerant didalam shell di tunjukkan pada gambar 2.6 dibawah ini.

Gb 2.6 Flooded evaporator^[8]Gb 2.7 Dry evaporator^[8]

Di dalam Dry evaporator, sebagian dari permukaan pemindah panas digunakan untuk memanaskan lanjut gas. Pipa kapiler yang digunakan dalam dry evaporator, digunakan sebagai penurun tekanan sebelum gas masuk kedalam evaporator.

Biasanya, type dry evaporator disebut juga ekspansi langsung atau Direct Expansion (D-X) seperti ditunjukkan pada gambar 2.7 yang dilengkapi dengan fin-fin di sekitarnya. Dapat juga disusun dengan membuat shell dan pipa pendingin dengan refrigerannya mengalir pada pipa. Nama dari ekspansi langsung diperoleh dari kenyataan bahwa

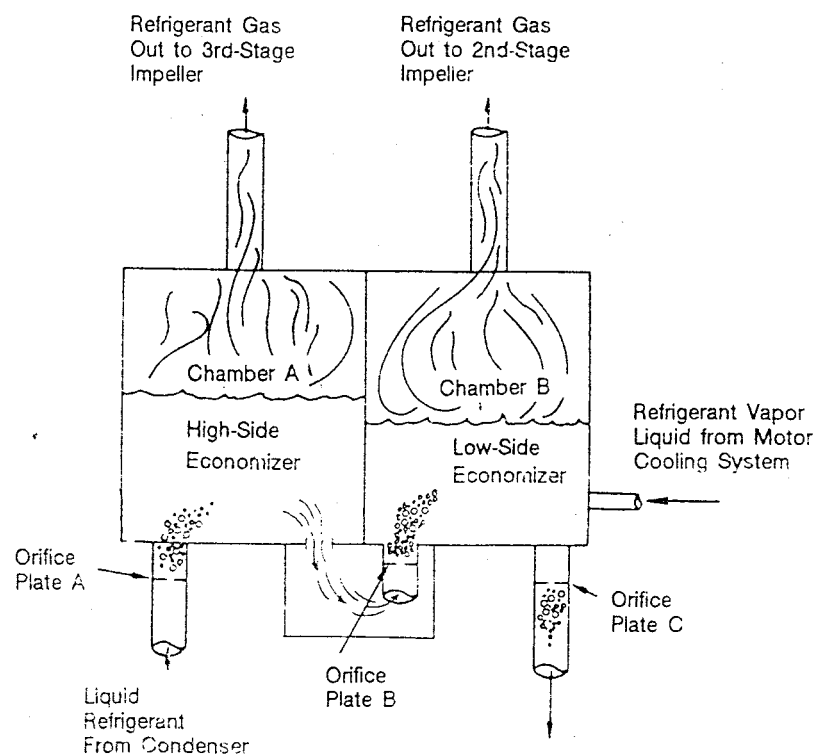
medium yang di dinginkan akan dingin secara langsung dengan menguapkan refrigerant.

2.1.1.4 Alat Expansi.

Alat ekspansi yang dipakai dalam chiller adalah ekonomiser yang berfungsi sebagai penurun tekanan dan pada sistem ini ada sebagian refrigerant yang menguap. Untuk ekonomiser tingkat tunggal, uap yang dihasilkan tersebut langsung di alirkan ke kompresor tingkat kedua, sedang yang masih berbentuk cair, dialirkan ke evaporator untuk di uapkan di evaporator. Ekonomiser dua tingkat ini dipakai untuk chiller yang menggunakan kompresor dua tingkat.

Ekonomiser dua tingkat dipakai untuk Chiller yang menggunakan kompresor tiga tingkat. Ekonomiser dua tingkat memiliki dua buah chamber, cairan refrigerant dari condensor memasuki chamber pertama dengan melewati orifice sehingga akan terbentuk gelembung-gelembung udara karena adanya penurunan tekanan pada cairan refrigerant.

Gelembung udara ini merupakan cairan refrigerant yang mengalami penguapan. Uap yang terjadi akan mengalir ke impeller tingkat ketiga dan yang masih berupa cairan, akan mengalir ke chamber yang kedua dengan melewati orifice yang kedua sehingga tekanan pada cairan akan semakin rendah. Pada saat melewati orifice kedua ini, maka akan terbentuk pula uap refrigerant dan uap tersebut akan mengalir ke impeller tingkat kedua untuk disirkulasikan kembali. Refrigerant yang masih berupa cairan akan dialirkan ke evaporator dengan melewati orifice terlebih dahulu. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 2.8 dibawah ini yang menunjukkan ekonomiser dua tingkat.

Gb 2.8 Ekonomiser 2 tingkat^[11]

2.1.1.5 Akumulator.

Akumulator berfungsi untuk menampung sebagian cairan refrigerant yang belum menguap sehingga refrigerant yang masuk kedalam kompresor sudah dalam bentuk gas. Dalam chiller, akumulator biasanya diletakkan didalam evaporator atau sebelum kompresor.

2.1.1.6 Kapasitas Chiller

Kapasitas yang dimiliki chiller harus memenuhi persamaan dibawah ini:^[9]

$$TR = \frac{500 \cdot Q \cdot (T_2 - T_1)}{12000} \quad (2.1)$$

$$\text{atau : } TR = \frac{Q \cdot (T_2 - T_1)}{24} \quad (2.2)$$

dimana :

TR = Kapasitas Chiller (Ton Refrigerat)

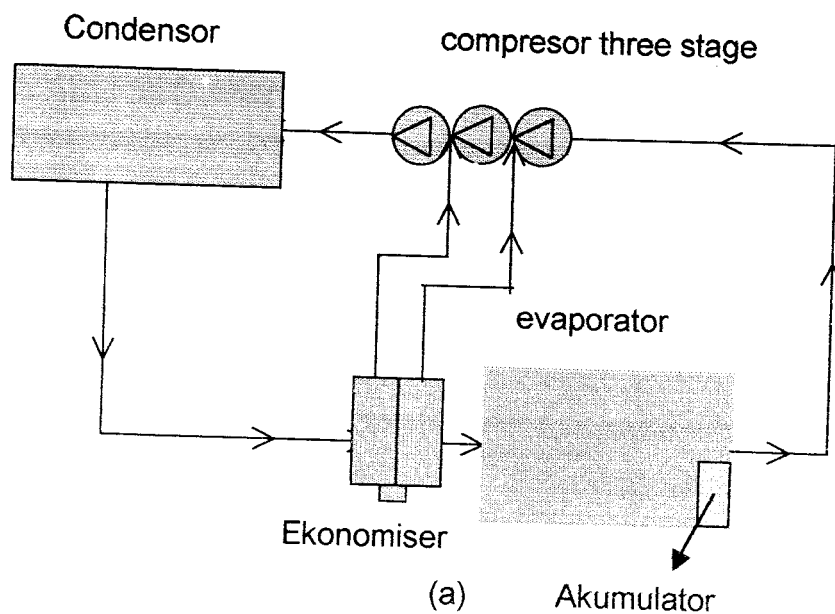
Q = Kapasitas Air yang melewati Chiller (GPM)

T_1, T_2 = Temperatur air keluar dan masuk Chiller ($^{\circ}F$)

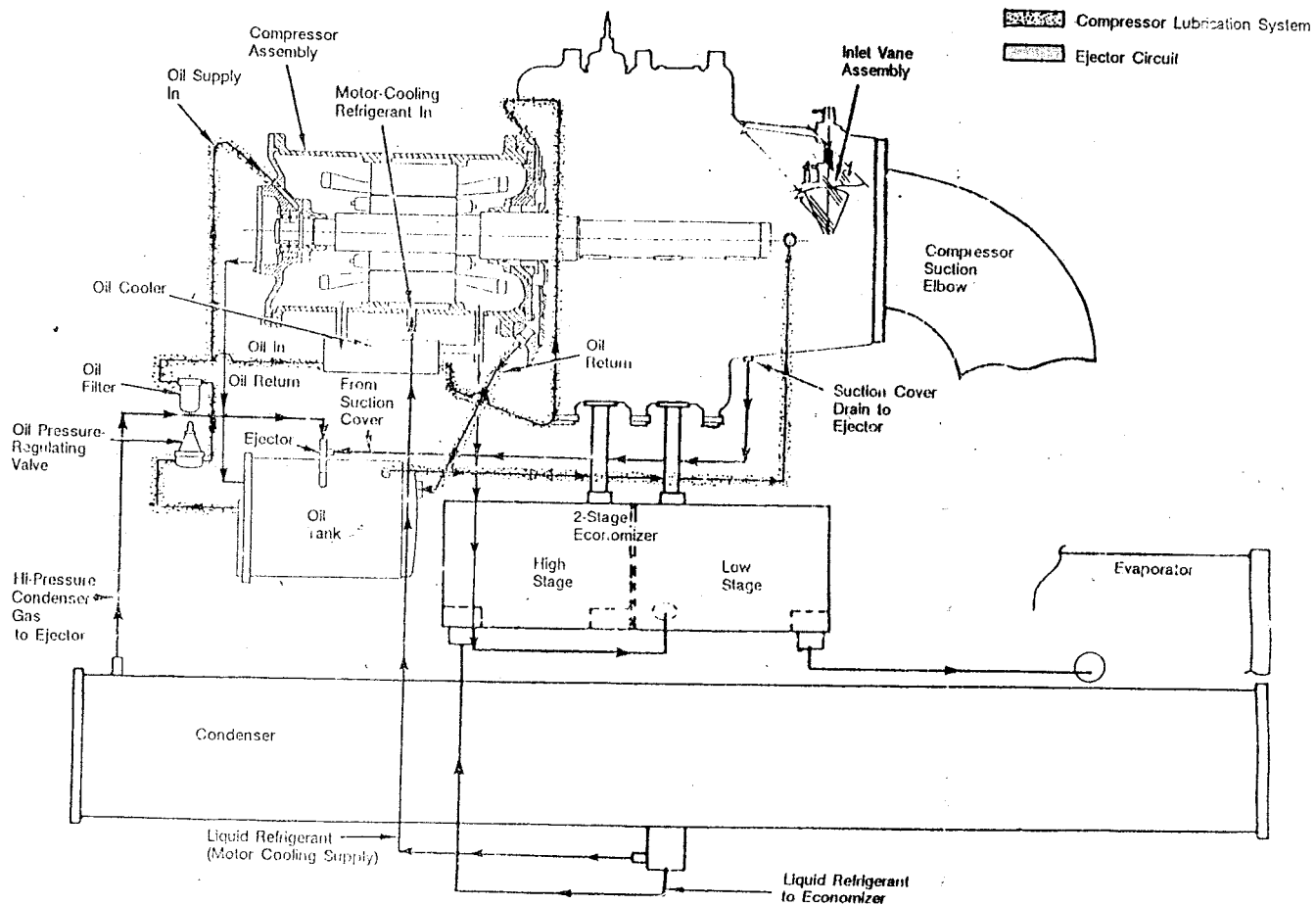
24 = Faktor konversi.

2.1.1.7 Cara kerja dari chiller:

Untuk mengetahui cara kerja dari chiller, perhatikan gambar diagram alir dari chiller dibawah ini :



Compressor Lubrication and Motor-Cooling Systems



(b)

Gb 2.9 a. Diagram alir chiller

b. Chiller yang dilengkapi motor cooling system dan oil cooler system^[11]

Dari gambar 2.9 diatas dapat dijelaskan bahwa :

1. Refrigerant yang berupa gas dengan tekanan dan temperatur rendah di hisap oleh kompresor 2 tingkat . Gas dimampatkan sehingga temperatur dan tekanan gas refrigerant menjadi tinggi. Gas dengan tekanan dan temperatur tinggi tersebut ditekan sehingga mengalir ke kondensor.
2. Gas dengan tekanan dan temperatur tinggi masuk ke dalam kondensor, didalam kondensor ini, terjadi perpindahan panas antara refrigerant yang berada dalam tabung dengan cairan pendingin yang berasal dari cooling tower yang dialirkan melalui coil-coil sehingga temperatur refrigerant yang berada dalam tabung akan turun sampai mencapai temperatur kondensasi dan kemudian terjadi perubahan bentuk pada refrigerant yaitu dari berupa gas menjadi bentuk cair, namun masih mempunyai tekanan tinggi.
3. Cairan dari kondensor kemudian mengalir ke ekonomiser dan sebagian dialirkan ke motor cooling . Di dalam ekonomiser ini , tekanan cairan diturunkan dengan cara dilewatkan melalui sebuah orifice sehingga sebagian kecil dari cairan refrigerant tersebut mengalami penguapan karena mengalami penurunan tekanan pada cairan dan sebagian besar masih berupa cairan . Uap yang terjadi di alirkan langsung ke impeller tingkat ketiga untuk disirkulasikan lagi, dan refrigerant yang masih berupa cairan akan dialirkan ke ekonomiser tingkat kedua dengan melewati orifice yang kedua sehingga tekanan pada cairan akan semakin rendah. Pada saat melewati orifice kedua ini, maka akan terbentuk pula uap refrigerant dan uap tersebut akan mengalir ke impeller tingkat kedua untuk disirkulasikan kembali, kemudian refrigerant yang masih berupa cairan akan dialirkan ke evaporator dengan melewati orifice terlebih dahulu sehingga tekanannya menjadi sangat rendah. Cairan refrigerant yang mengalir ke motor cooling berfungsi sebagai media pendingin motor sehingga motor selalu dalam keadaan dingin . Dari motor cooling, cairan

refrigeran sebagian mengalir ke bagian oil cooler untuk mendinginkan oli sebelum dialirkan ke ekonomiser dan sebagian lagi langsung dialirkan ke ekonomiser tingkat kedua .

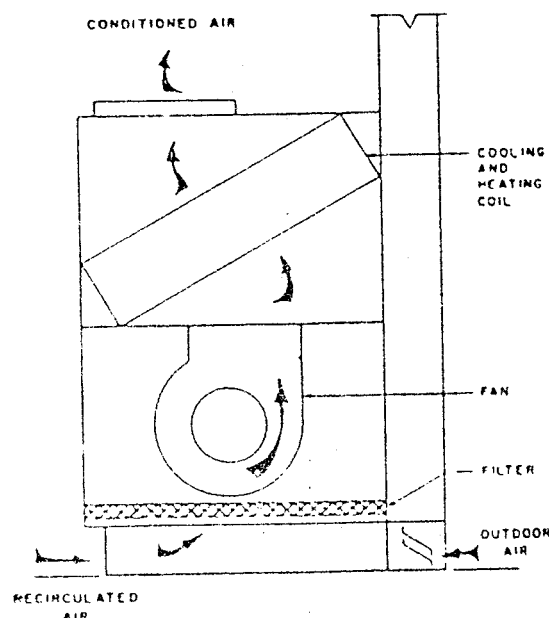
4. Cairan refrigerant yang mempunyai tekanan sangat rendah masuk ke tabung evaporator dan disinilah tekanan cairan refrigerant mempunyai tekanan dan temperatur yang sangat rendah.. Dengan adanya air yang mempunyai temperatur lebih tinggi yang berasal dari AHU dan mengalir melewati coil-coil evaporator maka panas yang dimiliki oleh air tersebut diserap oleh cairan refrigerant sehingga refrigerant mencapai temperatur penguapan atau temperatur evaporasi, oleh sebab itu cairan refrigerant berubah wujud menjadi gas dengan tekanan yang sangat rendah. Cairan yang sudah berubah menjadi gas tersebut dihisap dan disirkulasikan kembali oleh kompresor dan yang masih berupa cairan di tampung terlebih dahulu di dalam akumulator sehingga yang masuk ke dalam kompresor sudah berupa gas semua.
5. Proses tersebut diatas terjadi secara kontinyu yaitu dari kompresor, kondensor, ekonomiser, evaporator, kembali ke kompresor dan begitu seterusnya.

2.1.2 Air Handling Unit (AHU)

AHU merupakan pusat pendinginan udara untuk ruangan. Didalam AHU ini terjadi proses perpindahan panas konveksi antara coil dengan udara yang melewatinya. Jika temperatur coil lebih tinggi dari temperatur udara maka temperatur udara akan menjadi hangat sehingga bisa dipakai untuk penghangat ruangan, sedangkan jika temperatur coil lebih rendah dari temperatur udara maka temperatur udara akan menjadi lebih dingin dan dipakai untuk pendingin ruangan, seperti chilled water. AHU pada pendinginan ruangan ini dilengkapi dengan beberapa bagian yang penting yaitu : blower, filter, dan coil dingin, untuk lebih jelasnya kita perhatikan Gb 2.10.

Blower berfungsi untuk menghembuskan udara dari luar yang masuk melalui ventilasi ruang AHU. Udara yang masuk ke AHU di bagi menjadi dua yaitu udara primer dan udara sirkulasi. Udara primer masuk melewati lubang masuk udara primer yang tersedia, sedangkan udara sirkulasi masuk ke AHU melewati celah-celah udara pada AHU. sebelum udara masuk ke dalam AHU terlebih dulu udara disaring di filter supaya udara yang masuk ke AHU atau kedalam ruangan terbebas dari kotoran yang terbawa oleh udara dari luar.

Koil merupakan bagian dari AHU yang berfungsi sebagai media pemindah panas. Koil ini dibedakan menjadi dua macam menurut temperaturnya yaitu koil panas dan koil dingin. Koil panas dipakai untuk penghangat ruangan sedangkan jika untuk pendingin ruangan maka dipakai koil dingin. Tingginya temperatur udara yang telah melewati AHU, tergantung pada temperatur udara sebelum melewati AHU serta temperatur dari koil. Tingginya temperatur koil tergantung pada temperatur dan kapasitas cairan yang melewati koil itu sendiri.



Gb 2.10 AHU^[3]

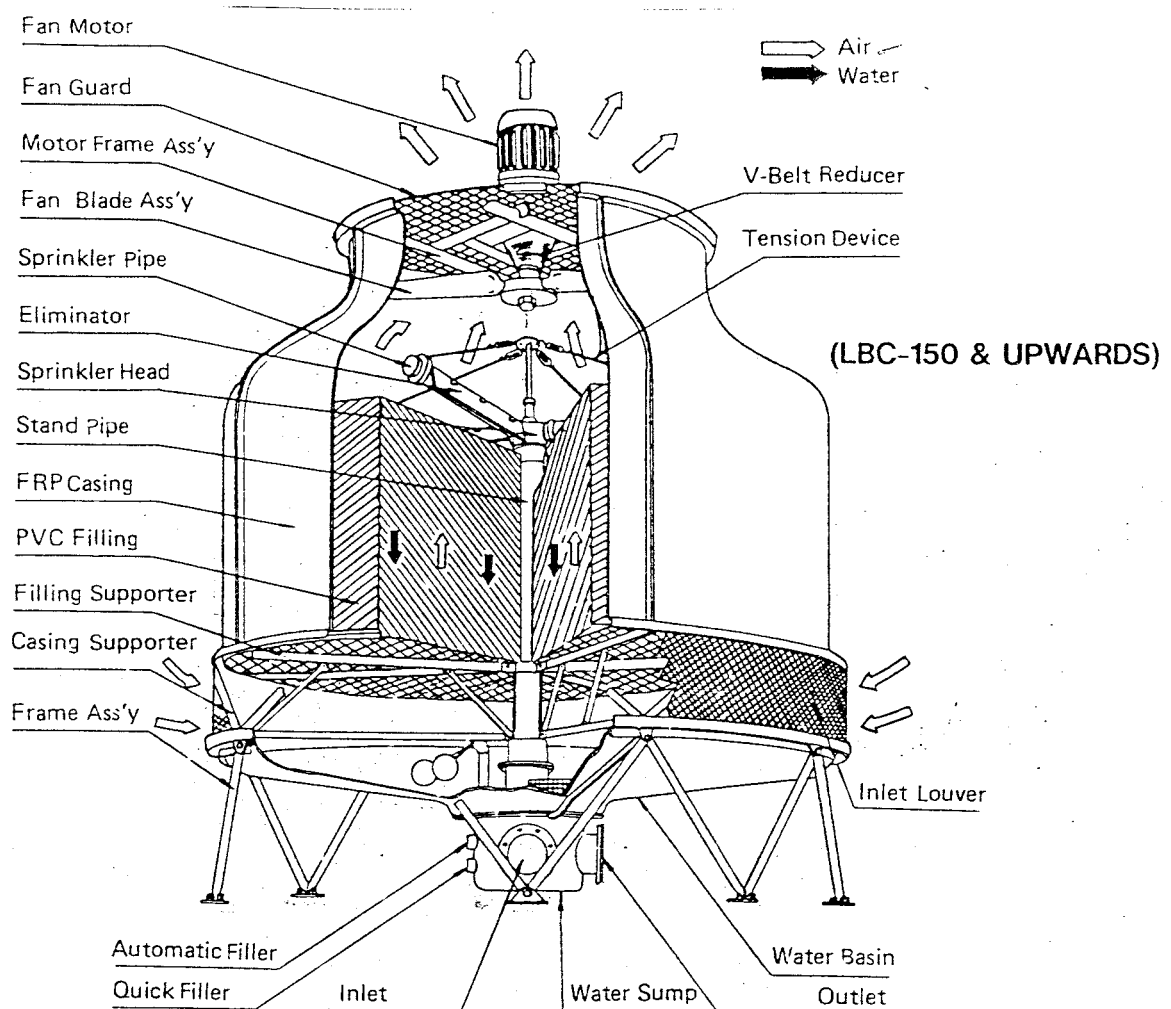
Cara kerja dari AHU pada pendingin ruangan :

Udara di ambil dari luar ruang AHU melewati lubang udara primer dan celah-celah AHU, kemudian udara dihisap dan dihembuskan oleh blower dengan kecepatan dan kapasitas tinggi melewati coil dingin sehingga terjadi perpindahan panas antara udara yang mempunyai temperatur ruangan dengan coil yang mempunyai temperatur lebih dingin sesuai dengan temperatur dan kapasitas air yang mengalir didalam koil tersebut .Besarnya kapasitas aliran air yang mengalir kedalam koil diatur oleh motorized valve, dengan tipe modulating valve atau type on-off valve.

Karena terjadi perpindahan panas tersebut, maka temperatur udara yang melewati koil tersebut menjadi lebih dingin, dan kemudian udara dingin dikeluarkan dari AHU melewati lubang pembebas udara dan disirkulasikan ke setiap ruangan melalui pipa-pipa penyalur sehingga ruangan menjadi sejuk.

2.1.3 Cooling Tower.

Cooling tower merupakan salah satu alat evaporatif tertutup yang dipakai oleh sistem refrigerasi untuk melepaskan kalor ke udara sekitar melalui kontak langsung dengan udara luar. Ilustrasi dan prinsip kerja menara pendingin adalah seperti dijelaskan pada gambar (2.12) dibawah ini :

Gb 2.11 Cooling Tower^[11]

Prinsip kerja menara pendingin:

Air panas yang masuk melalui saluran inlet mengalir keatas karena adanya gaya dorong dari pompa kondensor, melalui stand pipe dan kemudian di semburkan secara merata ke kisi-kisi packing dengan disemburkan oleh aprinkler , ini berfungsi memperluas permukaan kontak antara air yang jatuh dengan udara yang bergerak naik, ketika air berpercikan dari packing yang atas ke packing yang bawahnya. Udara

yang masuk dari luar melalui celah-celah pada sisi menara di sebut louver. Karena adanya percampuran antara air panas dan udara maka terjadi perpindahan kalor dan massa yang baik sehingga air menjadi dingin. Air yang telah dingin ini dikumpulkan di basin dasar menara dan selanjutnya di hisap kembali oleh pompa kondensor untuk dialirkan kembali ke kondensor untuk mendinginkan kondensor.

2.1.4 Expansion Tank.

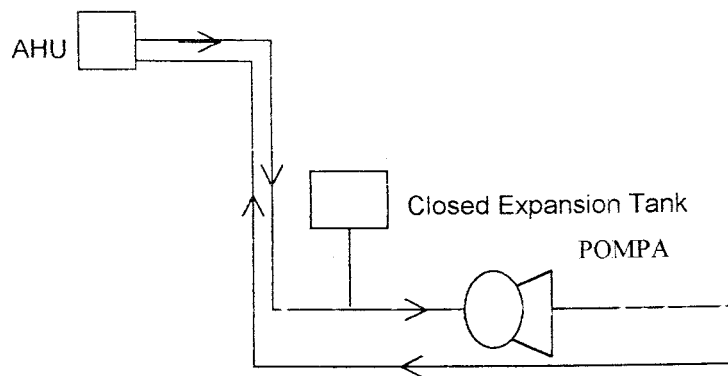
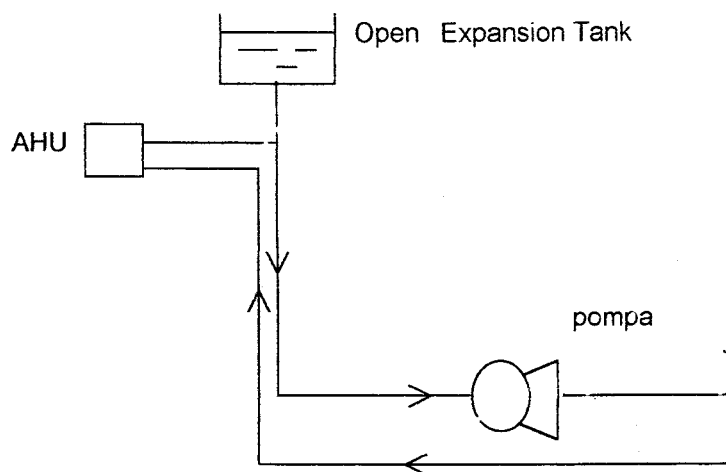
Expansion tank digunakan untuk mengatur tekanan pada sistem dengan mengembangkan air ketika temperatur nya naik dan juga sebagai penyedia untuk penambah air pada sistem. Ini biasa digunakan pada perpipaan sistem tertutup .

2.1.4.1 Expansion tank terbuka.

Expansion tank terbuka, kondisinya terbuka pada atmosfer dan di letakkan pada sisi hisap pompa yang merupakan unit terbesar pada sistem.

2.1.4.2 Expansion tank tertutup

Expansion tank tertutup biasanya digunakan untuk air hangat dan untuk sistem temperatur tinggi. Expansion tank sistem tertutup , tidak terbuka ke atmosfer dan diletakkan pada sisi isap pompa, yang dalam operasinya, tekanan pada closed expansion tank ini harus disesuaikan dengan tekanan air yang mengalir pada sistem sehingga, air tidak masuk atau keluar dari Closed expansion tank , sehingga perlu di tambah pompa pada closed expansion tank untuk mengatur tekanan air pada expansion tank.

Gb. 2.12 Expansion Tank sistem tertutup^[3]Gb. 2.13 Expansion Tank sistem terbuka^[3]

2.2 SISTEM PIPA AIR

Sistem pipa air di bagi menjadi dua type yaitu type satu aliran dan type sirkulasi. Dalam type satu aliran , air mengalir melalui peralatan hanya satu kali dan kemudian keluar dari sistem. Sedangkan dalam system sirkulasi air tidak di keluarkan dari system tetapi di alirkan secara berulang ulang dengan sirkuit aliran dari heat exchanger menuju peralatan pendinginan dan kembali ke heat exchanger.

Kedua type tersebut kemudian secara lebih lanjut di klasifikasikan menjadi sistem terbuka dan sistem tertutup. Sistem terbuka yaitu sistem

aliran air yang kemudian air di alirkan ke sebuah reservoir yang terbuka ke atmosfer, contoh peralatannya yaitu cooling tower dan air whaser, kedua alat tersebut, air yang berada pada reservoir berhubungan langsung dengan atmosfer. Sistem tertutup ialah dimana aliran air yang mengalir , tidak terbuka pada atmosfer. Sistem ini selalu dilengkapi dengan expansion tank. Jika pada sistem ada satu titik yang terbuka ke atmosfer maka hal ini sangat berarti pada system , misalnya akan berkurangnya jumlah air yang mengalir pada system.

2.3 PENENTUAN DIAMETER PIPA

Untuk menentukan diameter pipa yang dipakai untuk mengalirkan air dengan kapasitas tertentu, depergunakan persamaan kontinuitas yang dihasilkan dari prinsip kekekalan massa yang menyatakan bahwa aliran steady massa fluida yang melalui semua bagian dalam aliran fluida persatuan waktu adalah konstan.

Persamaan dasar :^[1]

$$0 = \frac{\delta}{\delta_1} \int_{cv} \rho \cdot dv + \int_{cs} \rho \bar{V} d\bar{A} \quad (2.3)$$

Dengan asumsi :

1. aliran steady
2. aliran seragam tiap unit 1 dan 2.

$$0 = \frac{\delta}{\delta_1} \int_{cv} \rho \cdot dv + \int_{cs} \rho \bar{V} d\bar{A} \quad (2.4)$$

maka persamaan diatas menjadi :

$$0 = \int_{cs} \rho \bar{V} d\bar{A} \quad (2.5)$$

$$0 = \left[-\rho_1 V_1 A_1 \right] + \left[\rho_2 V_2 A_2 \right] \quad (2.6)$$

$$\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2 = \dot{m} \quad (2.7)$$

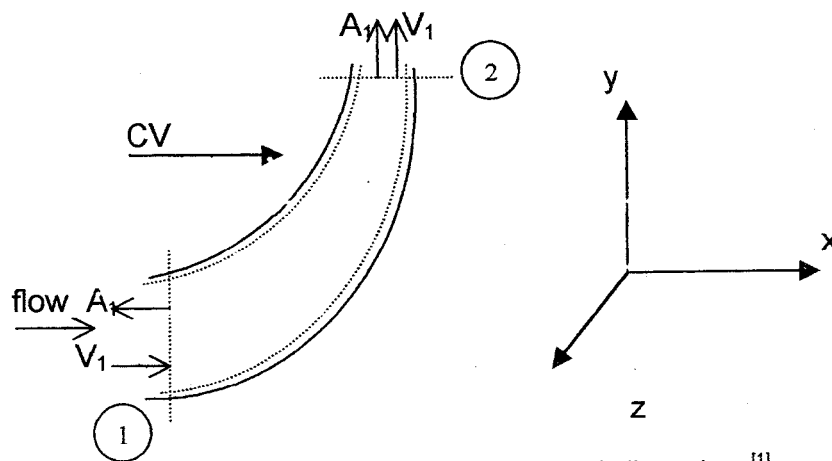
dimana :

\dot{m} = laju aliran massa $\left(\frac{kg}{s}\right)$

V = kecepatan aliran $\left(\frac{m}{s}\right)$

A = luas penampang (m^2)

ρ = density $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$



Gb 2.14 Aliran steady melalui aliran piipa^[1]

Untuk fluida yang inkompresible, harga ρ adalah sama atau konstan, sehingga persamaan 2.7 di atas menjadi berikut :

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \text{ atau } Q_1 = Q_2 \quad (2.8)$$

$$\text{Seningga, } Q = VA \quad (2.9)$$

$$\text{Atau } V = \frac{Q}{A}, \text{ dimana } A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (2.10)$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (2.11)$$

$$D = \sqrt{\frac{4xQ}{\pi xV}} \quad (2.12)$$

keterangan :

Q = kapasitas $\left(\frac{l}{dt}\right)$

2.4 KECEPATAN ALIRAN AIR

Kecepatan maksimum air di dalam pipa, harus diperhatikan, karena mempertimbangkan adanya korosi dan erosi di dalam pipa, sehingga untuk mencegah adanya erosi akibat aliran air di dalam pipa, maka kecepatan aliran air di dalam pipa harus di beri batas kecepatan maksimum. Akibat dari adanya erosi, maka umur pipa akan lebih pendek dari umur pipa yang di rencanakan sehingga memerlukan biaya yang lebih besar. Untuk air dengan temperatur 140° F sampai 180°, maka kecepatan maksimum yang di iijinkan adalah 70% dari kecepatan air di bawah temperatur tersebut.

Harga-harga kecepatan maksimum di dalam pipa dapat di lihat pada tabel 2.1, kecepatan air yang dianjurkan seperti terdapat pada tabel 2.2:

Tabel 2.1 Kecepatan air maksimum untuk memperkecil erosi^[3]

NORMAL OPERATION (hr/year)	WATER VELOCITY (fps)
1500	12
2000	11,5
3000	11
4000	10
6000	9
8000	8

Tabel 2.2 Kecepatan air yang dianjurkan^[3]

SERVICE	VELOCITY RANGE (fps)
Pump discharge	8 – 12
Pump suction	4 – 7
Drain line	4 – 7
Header	4 – 15
Riser	3 – 10
General service	5 – 10
City water	3 – 7

2.5 HEAD LOSS

Head loss adalah kerugian head pada aliran karena gesekan fluida pada dinding pipa yang mempunyai luasan penampang relatif tetap atau pun kerugian di sebabkan adanya perubahan luas penampang, adanya katup, elbow, percabangan dan lain-lain.

Head loss atau kerugian head dapat di kelompokkan menjadi dua bagian, yaitu :

1. Head loss mayor.
2. Head loss minor.

2.5.1 Head Loss Mayor (H_I)

Head loss mayor adalah kerugian head pada aliran di pipa karena gesekan fluida pada dinding pipa yang mempunyai luasan penampang relatif tetap sepanjang aliran. Head loss mayor di pengaruhi oleh kekasaran permukaan dinding bagian dalam dari pipa, kecepatan aliran dan panjang pipa.

Untuk menghitung besarnya harga head loss mayor pada pipa, dapat digunakan tabel (A) Friction loss For Closed System, pada lampiran 1 . untuk mencari besarnya harga friction losses pada pipa, hanya di perlukan harga kapasitas aliran (Q), dan diameter pipa(D), atau kapasitas aliran dengan kecepatan(V), atau ketiga-tiganya. Cara

mengetahui besarnya friction loss yaitu dengan menentukan titik pertemuan antara garis kapasitas dengan garis diameter dan di tarik kebawah sampai sumbu X dan pada sumbu tersebut terdapat angka – angka yang menunjukkan besarnya kerugian gesekan , dalam feet per 100 feet.

Jadi jika menggunakan tabel maka :

$$Hl = \text{friction loss} \times L_{\text{pipa lurus}}$$

Dimana :

$$\text{Friction loss dalam feet per 100 feet} \quad (2.13)$$

$L_{\text{pipa lurus}}$ adalah panjang pipa lurus (m)

Atau bisa juga dicari dengan cara menggunakan persamaan berikut :^[2]

$$Hl = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2.14)$$

dimana :

Hl = head loss mayor (m)

f = faktor gesekan.

L = panjang pipa lurus (m)

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan aliran fluida ($\frac{m}{s}$)

2.5.2 Head loss Minor (Hlm).

Head loss minor adalah kerugian head yang terjadi karena aliran fluida yang melalui saluran masuk, katup-katup, eibow, saringan , dan lain-lain.

Dalam menentukan head loss minor, dapat digunakan persamaan berikut :^[2]

$$Hlm = f \cdot \frac{le}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2.15)$$

Dimana :

$\frac{le}{D}$ = panjang ekivalen.

V = kecepatan aliran fluida $\left(\frac{m}{s}\right)$

f = faktor gesekan pada pipa lurus.

Harga f dapat dicari dari persamaan 3.13 yaitu :

$$hl = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

jadi :

$$f = \frac{hl \cdot D \cdot 2g}{L \cdot V^2} \quad (2.16)$$

Sebagai catatan bahwa besarnya nilai hadloss mayor untuk system tertutup, untuk laporan ini di hitung dengan menggunakan tabel yang ada.

Untuk mencari head loss minor , juga bisa digunakan rumus :

$$H_{lm} = l_e \cdot hl \cdot n \text{ (feet)} \quad (2.17)$$

Dimana :

l_e = panjang ekivalen pipa lurus (feet)

Hl = head loss mayor dalam feet per 100 fet.

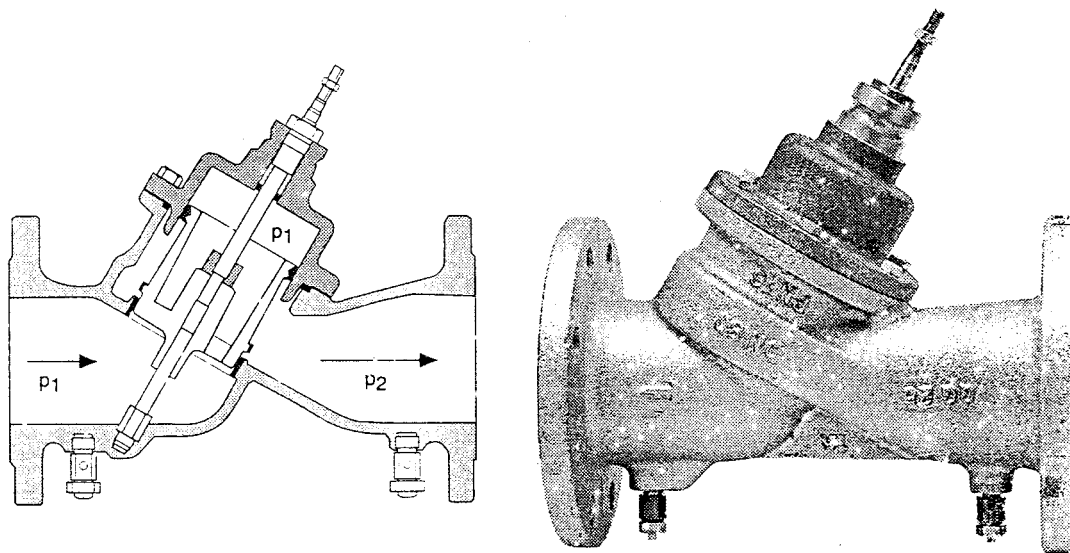
n = jumlah peralatan (elbow, strainer,dll)

Nilai (l_e) dapat di cari pada tabel B yang terdapat pada lampiran 2 dan tabel C pada lampiran 2 . Sedangkan harga dari $\frac{l_e}{D}$ dapat di ketahui dari tabel D pada lampiran 3

2.5.3 Head loss pada Two Way Valve.

Two way valve adalah alat untuk mengatur kapasitas aliran dari coil dengan mengatur laju aliran Chilled Water yang masuk ke dalam coil. Two way valve dibagi menjadi dua yaitu modulating valve dan on-off valve. Modulating valve ini di hubungkan dengan controller pengatur suhu ruangan dimana controller mendapatkan sinyal dari termperatur sensor yang di pasang didalam ruangan, yang selanjutnya sinyal sensor

temperatur tersebut akan dibandingkan dengan set point temperatur ruangan pada controller kemudian controller memberikan sinyal kontrol untuk membuka atau menutup motorized valve sesuai dengan temperatur ruangan yang diinginkan. Gambar 2.15 menunjukkan gambar dari motorized valve jenis modulating valve. Kerugian pada motorized valve yaitu berupa pressure drop yang dapat di lihat pada tabel F diagram pressure drop yang terdapat pada lampiran 0.5



Gb 2.15 Two way valve type modulating^[12]

2.5.4 Head loss pada Pengecilan Penampang Secara Mendadak.

Pengecilan penampang secara mendadak terjadi pada sambungan antara dua diameter pipa yang berbeda ukurannya, dan air mengalir dari pipa yang berdiameter lebih besar ke pipa yang berdiameter lebih kecil.

Kerugian head untuk pengecilan secara mendadak dapat dinyatakan dengan rumus : ^[2]

$$h_{lm} = f \frac{V_2^2}{2g} \quad (2.18)$$

dimana harga f di berikan dalam tabel 2.2 di bawah ini .

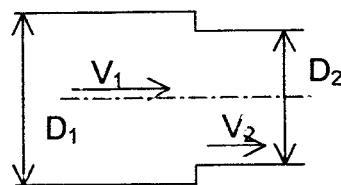
Tabel 2.3 Faktor gesekan pada pengecilan penampang secara mendadak^[2]

$(D_2-D_1)^2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
f	0,5	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01	0

D_1 = diameter pipa besar.

D_2 = diameter pipa kecil.

V_2 = kecepatan aliran pada pipa kecil (m/s).



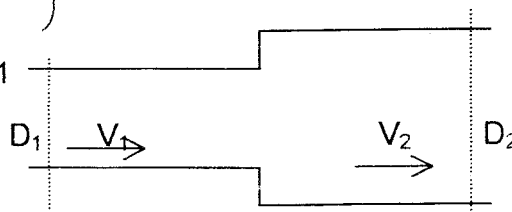
Gb 2.16 Pengecilan penampang secara mendadak^[2]

2.5.5 Head loss padaPembesaran Penampang Secara Mendadak.

Untuk kasus ini (Gb 2.17), kerugian head dapat dinyatakan dengan rumus :

$$h_{lm} = f \left(\frac{V_1 - V_2}{2g} \right)^2 \quad (2.19)$$

dimana $f \approx 1$



Gb 2.17 Pembesaran penampang secara mendadak^[2]

2.6 DIVERSITY FACTOR BEBAN PENDINGINAN

Diversity faktor dari beban pendinginan di hasilkan dari kemungkinan adanya pada suatu ruangan atau waktu tertentu tanpa terjadi beban

pendinginan pada hari rencana. Diversity faktor diterapkan untuk kapasitas pendinginan pada sistem pengkondisian udara yang besar. Faktor ini mempunyai harga yang berbeda-beda tergantung pada lokasi, type dan ukuran dari gedung atau bangunan dan juga berdasarkan pada hasil keputusan engineer.

Pada umumnya, diversity faktor dapat di terapkan pada pendinginan untuk manusia dan banyaknya beban penerangan di dalam ruangan perkantoran, hotel atau bangunan apartemen. Kemungkinan terjadinya suatu keadaan dimana semua orang hadir dan semua lampu menyala pada suatu gedung atau bangunan terjadi pada waktu yang sangat singkat. Normal nya pada bangunan perkantoran , beberapa orang akan keluar dari kantor untuk keperluan bisnis, begitu juga untuk penerangan, jika orangnya tidak ada maka lampu juga akan dimatikan.

Beberapa konsep yang bisa diterapkan pada apartemen dan hotel-hotel . Normalnya , sangat sedikit orang-orang ada pada apartemen atau hotel pada saat matahari memberikan beban maksimum, dan penerangan normalnya menyala pada saat matahari terbenam. Oleh sebab itu pada apartemen dan hotel mempunyai diversity faktor lebih besar dari pada perkantoran. Pada tabel 2.4 dapat dilihat harga-harga diversity faktor yang didasarkan pada teori dan pengalaman.

Tabel 2.4 Diversity factor for large building^[3]

(Applay to Refrigerant Capacity)

TYPE OF APPLICATION	DIVERSITY FAKTOR	
	PEOPLE (%)	LIGHTS (%)
Office	75 to 90	70 to 85
Apartment, Hotel	40 to 60	30 to 50
Depertment Store	80 to 90	90 to 100
Industrial	85 to 95	80 to 90

2.7 POMPA

Pompa adalah suatu mesin yang digunakan untuk memindahkan fluida incompressibel dari suatu tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi.

Pompa dalam operasi kerjanya akan menghasilkan perbedaan tekanan antara bagian suction dan bagian discharge, sehingga menyebabkan terjadinya aliran fluida dari saluran hisap ke saluran tekan.

2.7.1 Klasifikasi Pompa.

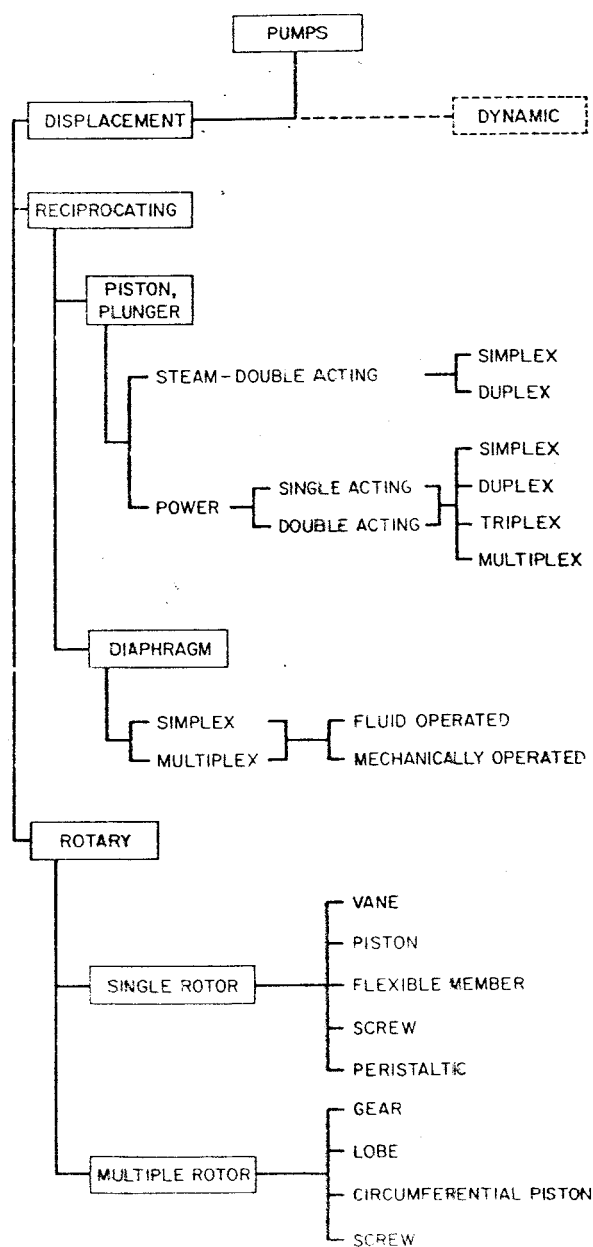
Berdasarkan cara memindahkan cairan pompa dapat di bedakan menjadi dua kelompok, yaitu sebagai berikut :

1. Pompa positif Displacement (Displacement Pump)
2. Pompa Non Positif Displacement (Non Positif Displacement Pump).

2.7.1.1 Pompa Positif Displacement (Positif Displacement Pump)

Pompa jenis ini memindahkan fluida dengan cara mendorongnya dari saluran suction ke saluran delivery (cairan masuk melalui saluran suction, kemudian di dorong ke saluran delivery).

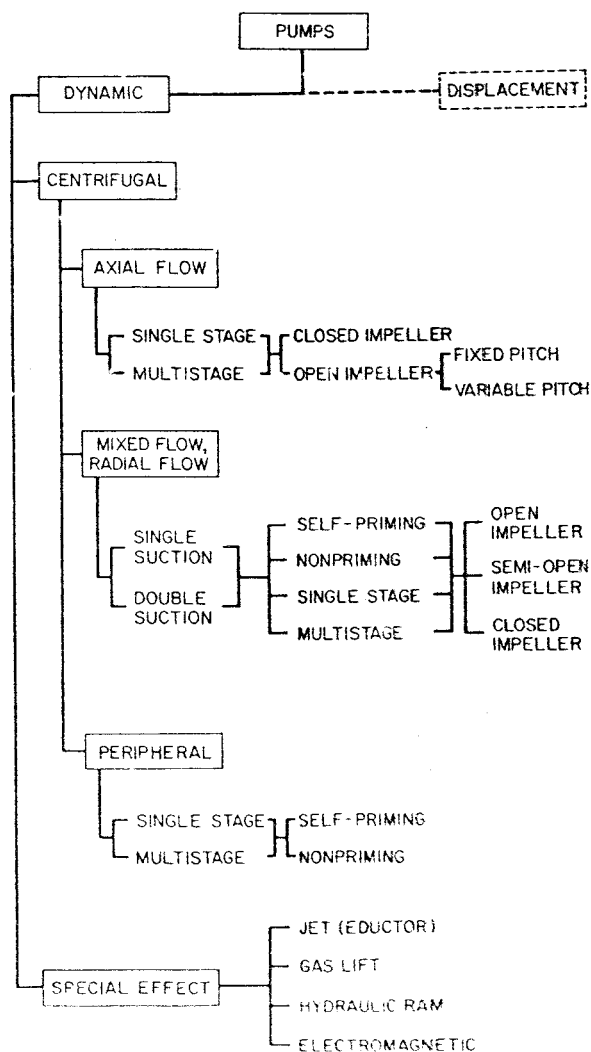
Volume ruang kerja dari pompa berubah-ubah secara periodik dari kecil menjadi besar (langkah hisap) dan dari besar menjadi kecil (langkah tekan). Dengan demikian cairan yang di alirkan berpindah volume per volume. Sedangkan energi yang di berikan pada liquid adalah energi potensial. Klasifikasi pompa Pompa positif Displacement (Displacement Pump) dapat dilihat pada gambar 2.18 dibawah ini .



Gb 2.18 Klasifikasi Pompa Positif Displacement^[4]

2.7.1.2 Pompa Non Positif Displacement (Non Positif Displacement Pump)

Pompa Non positif Displacement (Displacement Pump) mempunyai prinsip kerja dalam memindahkan cairan yaitu dengan putaran sudu impeller, sehingga cairan yang berada di ruang antara sudu-sudu impeller juga ikut berputar. Oleh karena itu putaran dari impeller akan menimbulkan gaya sentrifugal dan menghasilkan tekanan. Dengan demikian volume dari ruang kerja selalu tetap pada saat pompa bekerja. Klasifikasi pompa Pompa Non positif Displacement (Non Positif Displacement Pump) terdapat pada gambar 2.19



Gambar 2.19 Klasifikasi Pompa Non Positif Displacement^[4]

2.7.2 Kapasitas Pompa.

Kapasitas suatu pompa merupakan besarnya jumlah aliran air yang dialirkan dalam waktu tertentu. Pada sistem pendinginan sentral, Chilled Water disirkulasikan dari chiller menuju Air Handling Unit (AHU) dan kembali lagi ke chiller. Besarnya kapasitas pompa untuk mensirkulasikan air, pada sistem distribusi Chilled Water harus sesuai dengan kapasitas dari Chiller yaitu dengan persamaan : ^[9]

$$Q = \frac{12000 \times TR}{500 \times \Delta T} \quad (2.20)$$

jadi :

$$Q = 24 \times \frac{TR}{\Delta T} \quad (2.21)$$

dimana :

Q = Kapasitas pompa (GPM)

TR = kapasitas chiller (Ton Refrigerant)

ΔT = perbedaan temperatur masuk dengan temperatur keluar chiller (°F)

1200,500 = Vaktor konversi.

2.7.3 Head Pompa.

Head pompa adalah head yang harus disediakan oleh pompa agar dalam pengoperasiannya dapat mengalirkan air dari tanki bawah sampai tanki atas atau untuk mensirkulasikan Chilled Water dari pompa hingga AHU dan kembali ke pompa, pada pendinginan ruangan sistem sentral.

Besarnya Head pompa dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini : ^[2]

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{(V_1)^2}{2g} + Z + H_P = \frac{P_2}{\rho} + \frac{(V_2)^2}{2g} + Z_2 + \sum H_{lt_{1-2}} \quad (2.22)$$

dimana :

H_p = Head Total Pompa (m)

P_{1-2} = Tekanan fluida pada permukaan suction atau discharge $\left(\frac{N}{m^2}\right)$

V_{1-2} = Kecepatan fluida pada titik 1 dan 2 $\left(\frac{m}{det}\right)$

Z = Ketinggian (m)

ρ = Berat jenis fluida $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

g = konstanta gravitasi $\left(9,8\frac{m}{det^2}\right)$

$\sum Hlt_{1-2}$ = Head loss total dari 1 sampai 2 (m)

2.7.4 NPSH

NPSH didefinisikan sebagai head isap positif netto (Net Positif Suction Head) yang merupakan suatu ukuran keamanan pompa terhadap kavitasi. Kavitasi adalah terjadinya gelembung udara di sekitar permukaan impeller (pada daerah suction) karena tekanan di daerah tersebut lebih rendah dari tekanan uap jenuh zat cair yang di pompakan. Apabila gelembung-gelembung tersebut pecah akan dapat menimbulkan pukulan air (Water hammer) pada dinding impeller dan sudu-sudu yang dapat menyebabkan kerusakan pada impeller pompa.

NPSH terdiri dari dua macam, yaitu :

1. NPSH yang diperlukan ($NPSH_R$)
2. NPSH yang tersedia ($NPSH_A$).

2.7.4.1 NPSH yang diperlukan ($NPSH_R$)

$NPSH_R$ adalah NPSH yang diperlukan oleh pompa dan merupakan spesifikasi dari tiap pompa yang ditentukan oleh pabrik pembuat pompa. Agar pompa dapat bekerja aman tanpa terjadinya kavitasi, maka harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut: ^[2]

$$NPSH_A > NPSH_R \quad (2.23)$$

2.7.4.2 NPSH Yang Tersedia ($NPSH_A$)

$NPSH_A$ merupakan Head yang dimiliki zat cair pada sisi isap pompa (ekivalen dengan tekanan pada sisi isap pompa dikurangi head lose total dan head statis pada sisi isap dengan tekanan isap zat cair jenuh di tempat tersebut). Dalam hal ini pompa yang menghisap zat cair pada permukaan terbuka, maka besarnya $NPSH_A$ dapat ditulis dengan persamaan berikut ini : [3]

$$H_{sv} = \frac{0,704(P_a - P_v)}{spgr} + H_s - H_{lt_s} \quad (2.24)$$

keterangan :

0,704 = faktor konversi (1 psia sama dengan 0,704 m ketinggian air)

H_{sv} = NPSH yang tersedia (m)

P_a = Tekanan atmosfir (psia)

P_v = tekanan isap uap jenuh (psia)

$Spgr$ = Berat sepesifik jenis zat cir

H_s = Head statis (m)

H_{lt_s} = Head loss total pipa hisap (m)

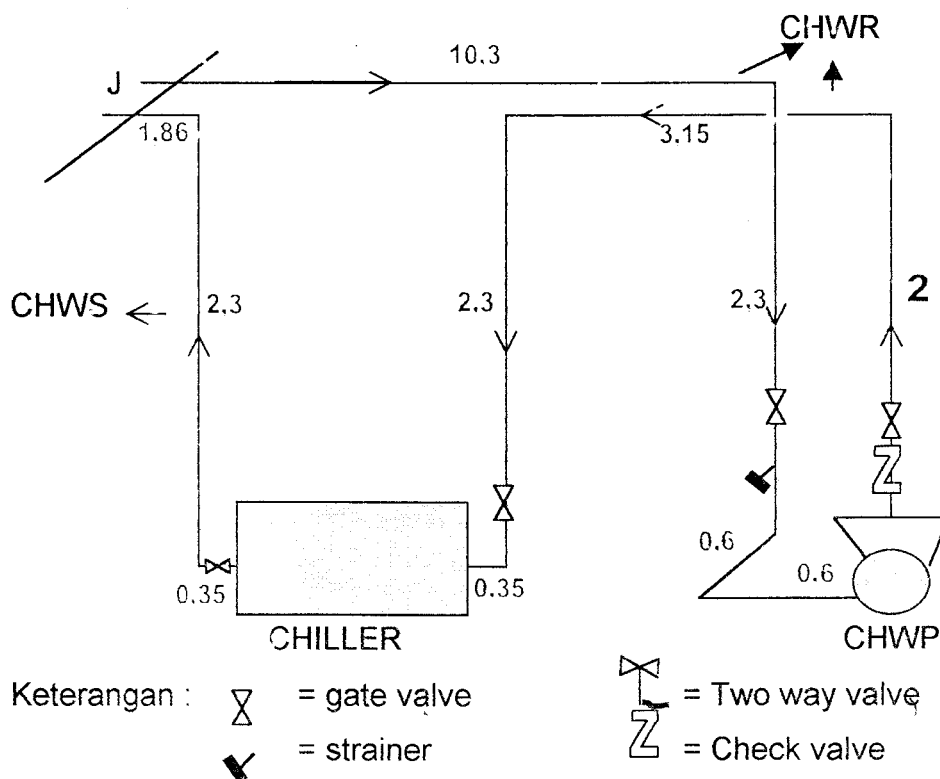
Untuk mengalirkan Chilled Water, pompa menghisap air dari AHU, namun air yang disirkulasikan tidak terbuka ke udara bebas tetapi yang berhubungan degan udara bebas adalah permukaan air pada Open expansion Tank. H_s untuk sistem sirkulasi pada sistem open expansion tank yaitu selisih ketinggian antara permukaan air pada open expansion tank dengan sumbu poros impeller pompa.

BAB III

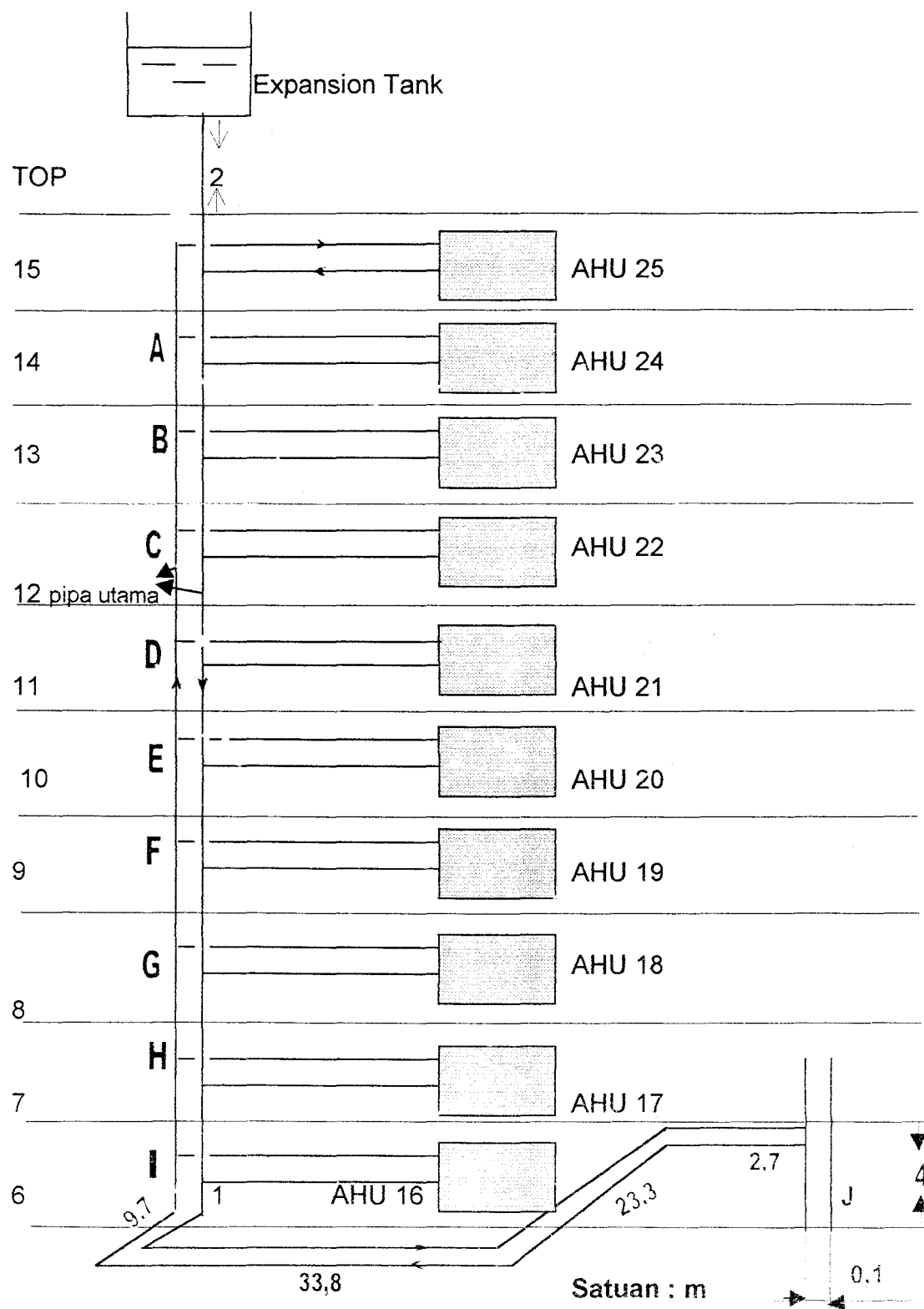
PERHITUNGAN DAN PEMILIHAN POMPA

3.1 PERHITUNGAN

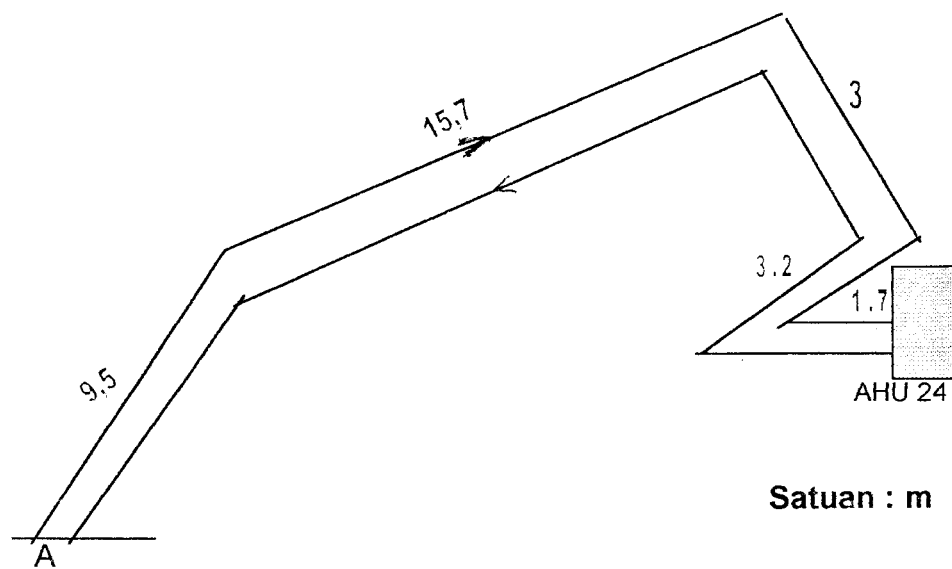
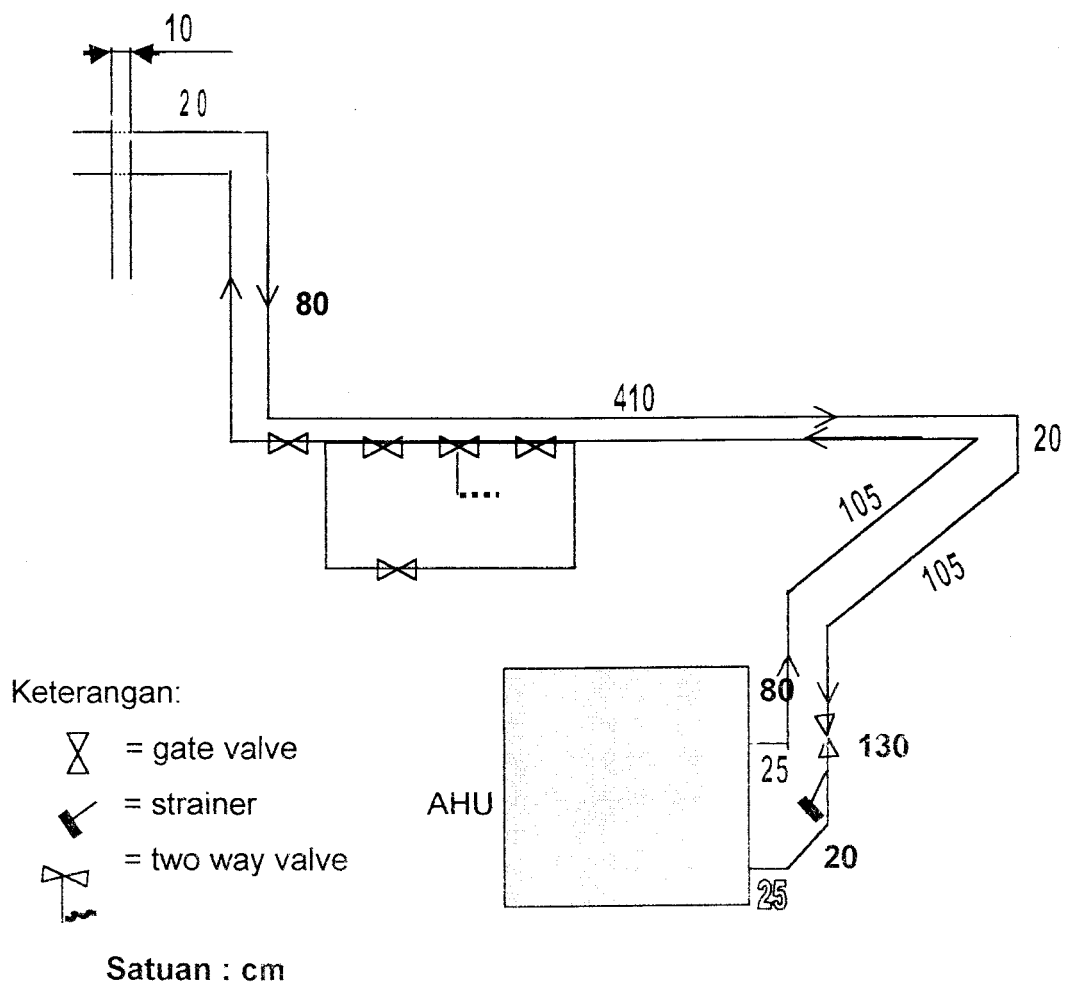
Untuk memperoleh hasil perencanaan yang maksimal maka harus dilakukan perhitungan yang sesuai dengan teori dan pengalaman di lapangan. Untuk lebih mempermudah dalam perhitungan ini maka diberikan gambar instalasinya. Gambar 3.1 , 3.2, 3.3 dan 3.4 dibawah ini menunjukkan instalasi distribusi Chilled Water pada gedung BBD Tower Surabaya.



Gambar 3.1 Instalasi Chiller



Gambar 3.2 Instalasi distribusi Chilled Water

Gambar 3.3 Detail instalasi seksion A-AHU₂₄

Gambar 3.4 Instalasi ruang AHU

3.1.1 Penentuan Diameter Pipa

Dalam merencanakan diameter pipa, perlu dilakukan perhitungan diameter hitung yaitu diameter pipa menurut teori dan penentuan diameter pipa yang didasarkan dengan pertimbangan pipa yang tersedia di pasaran. Kecepatan diasumsikan kecepatan maksimum yang di iijinkan yaitu 8 FPS atau $2,44 \text{ m/s}$ yang diambil dari tabel 3.1 dan kecepatan yang terjadi didalam pipa tidak boleh melebihi kecepatan maksimum.

3.1.1.1 Penentuan diameter pipa seksion A-AHU₂₅

diketahui :

$$Q = 83,9 \text{ GPM.}$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{as} = 2,44 \text{ m/s}$$

Persamaan untuk aliran steady (persamaan 2.12):

$$D = \sqrt{\frac{4xQ}{\pi x V}}$$

$$= \sqrt{\frac{4x0,0053 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14x2,44 \text{ m/s}}}$$

$$D = 0,0526 \text{ m/s}^2$$

$$= 5,26 \text{ cm}$$

Untuk di sesuaikan dengan pipa yang tersedia di pasaran, maka diambil pipa dengan diameter $D = 2,5 \text{ inch}$ atau $6,35 \text{ cm}$, maka kecepatan aktualnya adalah :

$$V_{act} = \frac{4xQ}{\pi x D^2}$$

$$= \frac{4x0,0053 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14x(0,0635 \text{ m})^2}$$

$$= 1,675 \text{ m/s.}$$

3.1.1.2 Penentuan diameter pipa dari pipa utama - AHU 20-24.

Diketahui :

$$Q_{\text{AHU 20-24}} = 96,8 \text{ GPM}$$

$$= 0,00611 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{as}} = 2,44 \text{ m/s}$$

Penentuan diameter hitung :

$$D = \sqrt{\frac{4xQ}{\pi x V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4x0,00611 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14x2,44 \text{ m/s}}}$$

$$D = 0,0566 \text{ m}$$

$$= 5,66 \text{ cm}$$

$$= 2,2 \text{ inch.}$$

Untuk di sesuaikan dengan pipa yang tersedia di pasaran, maka diambil pipa dengan diameter $D = 2,5 \text{ inch}$ atau $6,35 \text{ cm}$, maka kecepatan aktualnya adalah :

$$V_{\text{Act}} = \frac{4xQ}{\pi x D^2}$$

$$= \frac{4x0,00611 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14x(0,0635 \text{ m})^2}$$

$$= 1,92 \text{ m/s}$$

3.1.13 Penentuan diameter pipa seksion A-B

diket :

$$Q_{\text{A-B}} = Q_{\text{AHU 25}} + Q_{\text{AHU 25}}$$

$$= 96,8 \text{ GPM} + 83,9 \text{ GPM.}$$

$$= 108,7 \text{ GPM}$$

$$= 0,0114 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{as}} = 2,44 \text{ m/s}$$



Penentuan diameter hitung:

$$D = \sqrt{\frac{4xQ}{\pi x V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4x0,0114 \frac{m^3}{s}}{3,14x2,44 \frac{m}{s}}}$$

$$D_{hit} = 0,076 \text{ m}$$

$$= 7,6 \text{ cm}$$

$$= 3 \text{ inch.}$$

Untuk di sesuaikan dengan pipa yang tersedia di pasaran, maka diambil pipa dengan diameter $D = 3 \text{ inc}$ atau $7,5 \text{ cm}$. Jadi kecepatan aliran didalam pipa tersebut $2,44 \text{ m/s}$.

3.1.1.4 Tabel hasil Perhitungan

Dihitung dengan cara yang sama , data hasil perhitungan yang lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.1 Data-data hasil perhitungan diameter dan kecepatan aktual

Sekson	Q (USGPM)	D(Hit) (inc)	D(Aktual) (inc)	V(Aktual) (m/s)
B-C	205,5	3,25	3,5	2,1
C-D	302,3	3,94	4	2,36
D-E	399,1	4,5	5	1,976
E-F	495,9	5,043	6	1,72
Pipa Utama- AHU ₁₇₋₁₉	96,5	2,2	2,5	1,90
F-G	592,4	5,49	6	2,04
G-H	688,9	5,92	6	2,38

H-I	785,4	6,299	8	1,522
Pipa Utama-AHU ₁₆	80,8	2,1	2,5	1,6
I-Pompa	720	6,1	8	1,4

3.1.2 Penentuan Kapasitas Chiller.

Kapasitas dari chiller yang sesuai adalah dicari dengan menggunakan persamaan 2.2 dibawah ini :

$$TR = \frac{Q \cdot (T_2 - T_1)}{24}$$

$$TR = \frac{720 \cdot (55 - 45)}{24}$$

$$TR = 300$$

2.1.2 Perhitungan Head loss instalasi

Untuk menghitung head loss yang terjadi pada instalasi ditentukan terlebih dahulu kemungkinan jalur pipa yang mempunyai head loss terbesar. Setelah mengetahui jalur pipa distribusi Chilled water, pada gedung BBD tower maka kemungkinan tersebut antara lain :

- kemungkinan pertama adalah jalur pipa dari pompa (CHWP) sampai AHU₂₅.
- Kemungkinan kedua adalah jalur pipa dari pompa (CHWP) sampai AHU₂₄.

Sehingga perlu adanya perhitungan untuk kedua jalur pipa diatas.

2.1.2.1 Perhitungan Head loss pada Jalur Pipa seksion A -AHU₂₅.

Diketahui :

$$D = 2,5 \text{ inch.}$$

$$L_{CHWS} = 45,3 \text{ m}$$

$$L_{CHWR} = 44,9 \text{ m}$$

$$L_{Tot} = 90,2 \text{ m}$$

Elbow:

$$90^{\circ}_{\text{Longrad}} = 17 \text{ buah.}$$

$$45^{\circ}_{\text{Standart}} = 4 \text{ buah}$$

$$90^{\circ}_{\text{metree Elbow}} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Gate valve} = 4 \text{ buah.}$$

$$\text{Two way valve} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Check valve} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Strainer} = 1 \text{ buah}$$

a. Head Loos Mayor (Hl)

Untuk menentukan Head loss mayor, maka kita pergunakan tabel A pada lampiran 1. Dari tabel, kita peroleh friction losses 5,7 Feet per 100 feet.

Jadi :

$$\begin{aligned} Hl &= \frac{5,7}{100} \times L_{Tot} \text{ m} \\ &= \frac{5,7}{100} \times 90,2 \text{ m} \\ &= 5,14 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Head loss pada elbow .

- $90^{\circ}_{\text{Longrad}}$.

Dari tabel B pada lampiran 2 diperoleh bahwa elbow $90^{\circ}_{\text{Longrad}}$ dengan diameter 2,5 inch ekuivalen dengan pipa lurus diameter 2,5 inch yang panjang nya 4,1 feet.

Jadi head loss yang terjadi :

$$\begin{aligned} Hlm &= le \bullet hl \bullet n \text{ (feet).} \\ &= 4,1 \times \frac{5,7}{100} \times 17 \text{ feet.} \\ &= 3,97 \text{ feet.} \\ &= 1,21 \text{ m.} \end{aligned}$$

- elbow 45° standart

dari tabel B pada lampiran 2 di peroleh panjang ekivalen untuk 45°_{std} adalah 3,2 feet.

Jadi head loss yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} H_{lm} &= l_e \bullet h_l \bullet n \text{ (feet).} \\ &= 3,2 \times \frac{5,7}{100} \times 4 \text{ feet.} \\ &= 0,73 \text{ feet.} \\ &= 0,22 \text{ m.} \end{aligned}$$

- 90° mitree elbow.

Dari tabel C lampiran 2 diperoleh panjang ekivalen 12 feet.

Jadi head lossnya :

$$\begin{aligned} H_{lm} &= 1 \times \frac{5,7}{100} \times 12 \text{ feet.} \\ &= 0,684 \text{ feet.} \\ &= 0,21 \text{ m.} \end{aligned}$$

c. Head loss pada Gate valve.

Dari tabel D lampiran 3 di peroleh panjang ekivalen 2,8 feet. Jadi head lossnya :

$$\begin{aligned} H_{lm} &= 4 \times \frac{5,7}{100} \times 2,8 \text{ feet.} \\ &= 0,64 \text{ feet.} \\ &= 0,195 \text{ m.} \end{aligned}$$

d. Head loss pada two way valve .

Two way valve yang di pakai adalah memakai modulating valve.

Diketahui:

$$Q = 0,0053 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$= 5,3 \text{ l/s}.$$

$$D = 2,5 \text{ inch}.$$

Dari Tabel F pada lampiran 5 di peroleh pressure drop = 9,5 Kpa.

$$= 0,0968 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$= 0,0968 \times \frac{10000 \text{ cm}^2}{\text{m}^2} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$= 968,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$= 968,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ m}^2}{1000 \text{ kg}}$$

$$= 0,9684 \text{ m}$$

e. Head loss pada Strainer.

Dari persamaan 3.12 :

$$f = \frac{hl \cdot D \cdot 2g}{L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{5,14 \cdot 0,0635 \cdot 2(2 \times 9,8)}{90,2 \cdot (1,675)^2}$$

$$f = 0,025.$$

Dari tabel E pada lampiran 4 di peroleh harga $\frac{l_e}{D}$ untuk striner adalah 75.

Sehingga headloss minor yang terjadi adalah :

$$H_{lm} = f \cdot \frac{l_e}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$= 0,025 \times 75 \times \left(\frac{1,675}{2 \times 9,8} \right)^2 \text{ m}$$



$$= 0,268 \text{ m}$$

3.1.3.2 Tabel hasil Perhitungan head loss Pada seksion A-AHU₂₄

Dihitung dengan cara yang sama maka kerugian pada seksion A-AHU₂₄ dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.2 Head loss pada seksion A-AHU₂₄

Peralatan	Head loss (m)
Pipa lurus	5,55
Elbow 90° _{long rad}	1,35
Elbow 45° _{Std}	0,263
Gate valve	0,23
Two way valve	1,27
Strainer	0,32
AHU ₂₄	3,48
Total	11,983

3.1.3.3 Head los seksion A-B

Data-data yang diketahui adalah :

$$Q = 0,0114 \frac{m^3}{s}$$

$$V_1 = 1,675 \frac{m}{s}$$

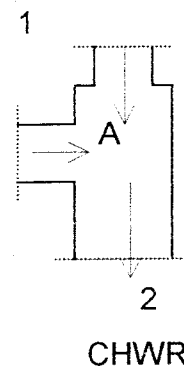
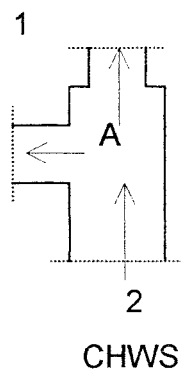
$$V_1 = 2,44 \frac{m}{s}$$

Tee = strigt thru flow 2 buah

Pembesaran pipa secara mendadak 1 buah.

Pengecilan secara mendadak 1 buah.

$$L = 8 \text{ m}$$



a. Head los Mayor

Dalam menentukan head los mayor kita pergunakan tabel A pada lampiran 1. Dari tabel diperoleh :

Friction loss = 7,4 FT per 100 FT

$$\begin{aligned}\text{Jadi : HL} &= 8 \text{ m} \times \frac{7,4}{100} \\ &= 0,592 \text{ m}\end{aligned}$$

b. Kerugian pada Tee.

Dari persamaan 3.12 :

$$f = \frac{0,592 \cdot 0,0762 \cdot 2 \cdot 9,8}{8 \cdot (2,44)^2}$$

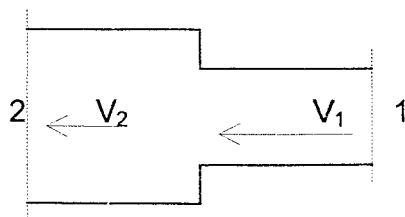
$$f = 0,019.$$

Dari tabel E lampiran 4 diperoleh harga $\frac{le}{D} = 20$.Jadi Head loss yang

terjadi adalah :

$$\begin{aligned}\text{Hlm} &= f \cdot \frac{le}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \\ &= 0,19 \times 200 \times \frac{(2,44)^2}{19,6} \times 2 \text{ m} \\ &= 0,2308 \text{ m}\end{aligned}$$

c. Head loss pada Suddenly Enlarge pada CHWR .



$$V_2 = \frac{4 \times Q_2}{\pi \times D_2^2}$$

$$= \frac{4 \times 0,0053 \frac{m^3}{s}}{3,14 \times (0,0762 m)^2}$$

$$V_2 = 1,163 \text{ m/s}$$

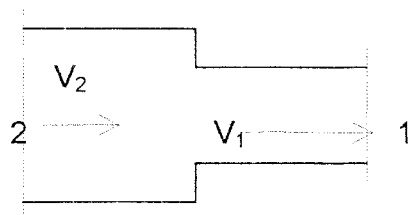
Nilai f ddi anggap ≈ 1 , jadi :

$$H_{lm} = f \cdot \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

$$= \frac{(1,675 - 1,163)^2}{19,6} \text{ m}$$

$$= 0,013 \text{ m.}$$

d. Head loss pada sudden contraction di CHWS.



diketahui :

D1 = 3 inch.

D2 = 2,5 inch.

$$H_{lm} = f \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Harga f dapat dicari dari tabel (2.2) dengan $(D_1/D_2)^2 = 0,64$ diperoleh harga f adalah 0,178

$$\begin{aligned} \text{Jadi } H_{lm} &= 0,178 \frac{(1,675 \frac{m}{s})^2}{19,8 \frac{m}{s^2}} \\ &= 0,025 \text{ m.} \end{aligned}$$

3.1.3.4 Tabel hasil Perhitungan Head loss pada tiap seksion /titik

Dihitung dengan cara yang sama ,data hasil perhitungan yang lain seperti yang tertera pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.3 Head loss pada tiap seksion/titik

Seksion(titik)	HI (m)	H _{lm} (m)		
		Tee	Suden Enlarge	Sudden Contraction
A-B	0,592	0,231	0,013	0,025
B-C	0,4	0,18	0,018	0,009
C-D	0,22	0,226	0,013	0,092
D-E	0,112	0,144	0,037	0,05
E-F	0,068	0,1	0,018	0,01
F-G	0,092	0,1	-	-



G-H	0,124	0,45	-	-
H-I	0,04	0,08	0,025	0,05
I	-	0,034	-	-
Total	1,648	1,545	0124	0,236

3.1.3.4 Perhitungan head loss seksion I-pompa.

Data-data yang diketahui :

$$Q = 0,04523 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 8 \text{ inch.}$$

$$V_{act} = 2,44 \text{ m/s}$$

$$L = 167,05 \text{ m.}$$

Elbow 90° longrad 16 buah.

Check valve = 1 buah

Gate calve = 4 buah

Strainer = 1 buah.

Chiller = 1 buah.

Pompa = 1 buah.

a. Perhitungan Head loss Mayor .

Dari tabil A lampiran 1 di peroleh friction loss 3,8 feet per 100 feet, sehingga :

$$H_{lm} = \frac{3,8}{100} \times 167,05 \text{ m}$$

$$= 6,4 \text{ m.}$$

b. Head loss pada gate valve.

Dari tabel D lampiran 3 diperoleh panjang ekivalen 19 Feet, jadi :

$$H_{lm} = \frac{3,8}{100} \times 19 \times 4 \text{ feet}$$

$$= 2,89 \text{ feet.}$$

$$= 0,88 \text{ m}$$

c. Head loss pada elbow .

Dari tabel B pada lampiran 2 di peroleh panjang ekivalen untuk elbow 90° longrad adalah 10 feet. Jadi :

$$H_{lm} = \frac{3,8}{100} \times 10 \times 16 \text{ feet.}$$

$$= 6,08 \text{ feet.}$$

$$= 1,85 \text{ m.}$$

d. Head loss pada swing check valve

diketahui:

dari tabel D lampiran 3 diperoleh harga $le = 60 \text{ feet.}$

$$H_{lm} = \frac{3,8}{100} \times 1 \times 60 \text{ feet}$$

$$H_{lm} = 2,28 \text{ feet.}$$

$$= 0,7 \text{ m.}$$

e. Pressure drop pada chiller.

Chiller mempunyai kapasitas :

$$Q = 24 \times \text{GPM} \times \Delta T \text{ (TR)}$$

ΔT pada chiller adalah 10°F

jadi Q Chiller adalah :

$$Q = 24 \times 720 \times 10 \text{ TR}$$

$$= 300 \text{ TR.}$$

Pressure drop evaporator pada chiller diketahui dari data pabrik = 22,02 feet atau 6,71 m.

3.1.4 Head loss Total Instalasi

Untuk menghitung head loss total instalasi yaitu dengan menjumlahkan seluruh head baik head loss mayor maupun head loss minor pada instalasi.

Dari perhitungan diatas diperoleh:

$$\sum H_{ltAHU_{25} \text{ Pompa}} = H_l + H_{lm}$$

$$= 25,308 \text{ m}$$

$$\sum H_{ltAHU_{24} - \text{Pompa}} = H_l + H_{lm}$$

$$= 26 \text{ m}$$

Jadi $\sum H_{lt}$ adalah diambil yang terbesar yaitu 26 m.

3.2 PEMILIHAN POMPA

Pompa yang di gunakan untuk mensirkulasikan Chilled Water , harus dapat mengalirkan sejumlah air dengan kapasitas dan head sesuai dengan kebutuhan.

Berbagai macam pompa tersedia di pasaran dengan jenis, ukuran dan penggunaan yang berbeda-beda, maka dalam menentukan jenis dan type pompa yang akan di gunakan untuk mengalirkan sejumlah air di perlukan beberapa dasar pemikiran.

Beberapa dasar pemilihan yang digunakan dalam menentukan jenis pompa yang akan dioperasikan adalah sebagai berikut:

- Besanya head yang diperlukan.
- Besarnya kapaditas yang diperlukan.

- Jenis atau sifat fluida yang dialirkan.
- Kondisi kerja dari pompa.
- Jenis penggerak yang digunakan.

Atas dasar pertimbangan tersebut diatas, maka pemilihan pompa dapat dilaksanakan. Beberapa faktor yang juga perlu di perhatikan dalam pemilihan pompa yaitu faktor ekonomis, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Harga pompa.
- Biaya pemeliharaan.
- Biaya operasi.
- Pengadaan suku cadang.

Dalam pemilihan pompa , langkah perhitungan yang akan dilakukan adalah sebaai berikut :

1. Menghitung head pompa.
2. Menentukan kapasitas pompa.
3. Menentukan jenis pompa.
4. Memilih type pompa.
5. Pemeriksaan letak pompa (keamanan terhadap kavitasi).

Setelah mengetahui besarnya head pompa dan kapasitas pompa, maka tabel G pada lampiran 7 dapat juga digunakan sebagai pertimbangan untuk pemilihan jenis pompa.

3.2.1 Penentuan Kapasitas Pompa.

Kapasitas pompa untuk chilled water adalah laju aliran air yang harus di sirkulasikan oleh pompa. Besarnya kapasitas air yang harus disirkulasikan oleh pompa harus sesuai dengan kapasitas dari Chiller yang dihitung dengan persamaan 3.19 :

$$Q = 24x \frac{TR}{\Delta T}$$

$$Q = 24x \frac{300TR}{10^{\circ}F}$$

$$Q = 720 \text{ GPM.}$$

3.2.2 Head Pompa

Head pompa untuk Chilled Water adalah head yang harus disediakan oleh pompa agar dapat mensirkulasikan sejumlah fluida cair dengan debit tertentu dari pompa hingga AHU dan kembali ke pompa. Head pompa (H_p) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 3.21 yaitu :

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{(V_1)^2}{2g} + Z_1 + H_P = \frac{P_2}{\rho} + \frac{(V_2)^2}{2g} + Z_2 + \sum H_{lt_{1-2}}$$

$$H_P = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{(V_2)^2 - (V_1)^2}{2 \cdot g} + (Z_2 - Z_1) + \sum H_{lt_{1-2}}$$

dimana :

$$\left(\frac{P_2 - P_1}{\rho} \right) = \text{Perbedaan head tekanan antara permukaan}$$

isap dengan permukaan discharge. Untuk sistem chilled Water, tekanan suction dan discharge adalah sama.

$$\frac{(V_2)^2 - (V_1)^2}{2 \cdot g} = \text{Perbedaan head kecepatan antara ujung pipa discharge}$$

dan ujung pipa suction. Untuk sistem sirkulasi V_2 dan V_1 adalah sama, sehingga $V_2 = V_1$

$$(Z_2 - Z_1) = \text{Head elevasi, merupakan perbedaan ketinggian antara}$$

ujung pipa discharge dan ujung pipa suction. Untuk sistem sirkulasi perbedaan ketinggian antara ujung suction dan ujung discharge bisa dianggap sama, jadi $Z_2 - Z_1 = 0$

$$\sum H_{lt_{1-2}} = \text{Head loss pada saluran yang mempunyai headloss terbesar, dari perhitungan diperoleh yaitu jalur pipa dari pompa hingga AHU 24.}$$

Jadi :

$$H_p = \sum H_{lt_{1-2}}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh $\sum H_{l_{1-2}} = 26$ m, jadi Head pompa adalah 26 m.

3.2.3 Pemilihan Jenis pompa .

Untuk menentukan jenis pompa yang sesuai, maka sebelum melakukan pemilihan, perlu di ketahui bahwa fluida yang akan di alirkan oleh pompa adalah air dingin dengan kapasitas 720 GPM atau 163 m³/hr dan head pompa sebesar 26 m. Dari tabel G lampiran 6 didapatkan bahwa pompa yang sesuai adalah pompa centrifugal.

Untuk pompa Chilled Water diperlukan pompa yang memiliki beberapa persyaratan berikut :

1. Dapat mengalirkan fluida dengan kapasitas yang cukup besar.
2. Menghasilkan aliran discharge yang tidak intermittent.
3. Mudah dalam pengaturan head dan kapasitasnya.
4. Dapat mengalirkan fluida yang abrasif atau mengandung sedikit kotoran.

Dari tabel 3.4 tentang karakteristik pompa dapat dilihat bahwa pompa sentrifugal dapat memenuhi persyaratan-perstaratan tersebut di atas. Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh pada penggunaan pompa sentrifugal adalah sebagai berikut :

1. Mampu mengalirkan fluida yang bersifat abrasif maupun non abrasif.
2. Mampu mengalirkan fluida dengan kapasitas yang cukup besar.
3. Ukuran pompa yang relatif lebih kecil dan berat lebih ringan dibandingkan dengan pompa jenis lain untuk head dan kapasitas yang sama
4. Konstruksinya sederhana dan juga perawatannya relatif lebih mudah.

Dari beberapa pertimbangan diatas maka dipilih pompa dengan jenis centrifugal.

Tabel 3.4 Karakteristik Pompa [5]

	Centrifugal		Rotary	Reciprocating		
	Volute and diffuser	Axial flow	Screw and gear	Direct-acting steam	Double-acting power	Triplex
Discharge flow...	Steady	Steady	Steady	Pulsating	Pulsating	Pulsating
Usual max suction lift, ft...	15	15	22	22	22	22
Liquids handled...	Clean, clear; dirty, abrasive; liquids with high solids content		Viscous, nonabrasive	Clean and clear		
Discharge pressure range...	Low to high		Medium	Low to highest produced		
Usual capacity range	Small to largest available		Small to medium	Relatively small		
How increased head affects:						
Capacity.....	Decrease		None	Decrease	None	None
Power input...	Depends on specific speed		Increase	Increase	Increase	Increase
How decreased head affects:						
Capacity.....	Increase		None	Small increase	None	None
Power input, ft...	Depends on specific speed		Decrease	Decrease	Decrease	Decrease

3.2.4 Pemilihan Type Pompa.

Pemilihan type pompa, didasarkan pada besarnya head dan kapaasitas dari pompa. Dari perhitungan terdahulu didapatkan besar head pompa sebesar 26 m dan kapasitas 163,44 m³/jam. Dengan melihat pada brosur pada lampiran 7, maka dipilih pompa sentrifugal type ETA-N 100 x 80 – 315.1 dengan putaran 1450 rpm.

Dari brosur pada lampiran 8 didapatkan titik kerja pompa sentrifugal, dengan diameter impeller 318 mm. Pada grafik dalam brosur

tersebut, nilai $NPSH_R$ dapat diketahui yaitu 3,5 m dengan daya yang diperlukan untuk menggerakkan poros pompa sebesar 16,2 Kwatt.

3.2.5 Pemeriksaan Letak Pompa.

Pemeriksaan letak pompa dilakukan dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kavitasi pada saat pompa beroperasi. Dan syarat yang harus dipenuhi agar pompa dapat terhindar dari kavitasi adalah sebagai berikut :

$$NPSH_A \geq NPSH_R$$

$NPSH_R$ di hitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$H_{sv} = \frac{0,704(P_a - P_v)}{spgr} + H_s - H_{lt_s}$$

$$H_{sv} = \frac{0,704(14,7 - 0,223)}{1} + 42,445 - 26m$$

$$H_{sv} = 26,64m$$

dari perhitungan tersebut diperoleh bahwa nilai $NPSH_R$ adalah 3,5 m dan $NPSH_A$ 26,64 m jadi $NPSH_A \geq NPSH_R$ sehingga pompa aman dari kavitasi

3.2.6 Pompa Cadangan.

Dalam pengoperasiannya setiap mesin tidak mungkin dapat dioperasikan secara terus – menerus tanpa suatu hambatan. Hambatan yang mungkin terjadi dapat berupa perawatan dan perbaikan mesin. Pada proses perawatan dan perbaikan mesin harus dalam kondisi tidak beroperasi. Pompa adalah salah satu mesin yang memerlukan perawatan dan perbaikan, oleh sebab itu diperlukan adanya pompa cadangan yang berfungsi sebagai pengganti proses kerja pompa yang dalam masa perbaikan atau perawatan untuk mensirkulasikan air dari pompa hingga AHU. dalam hal ini pompa cadangan direncanakan sama dengan pompa utama. Dalam pengopersiannya, pompa utama dan pompa cadanga dapat

BAB V

KESIMPULAN

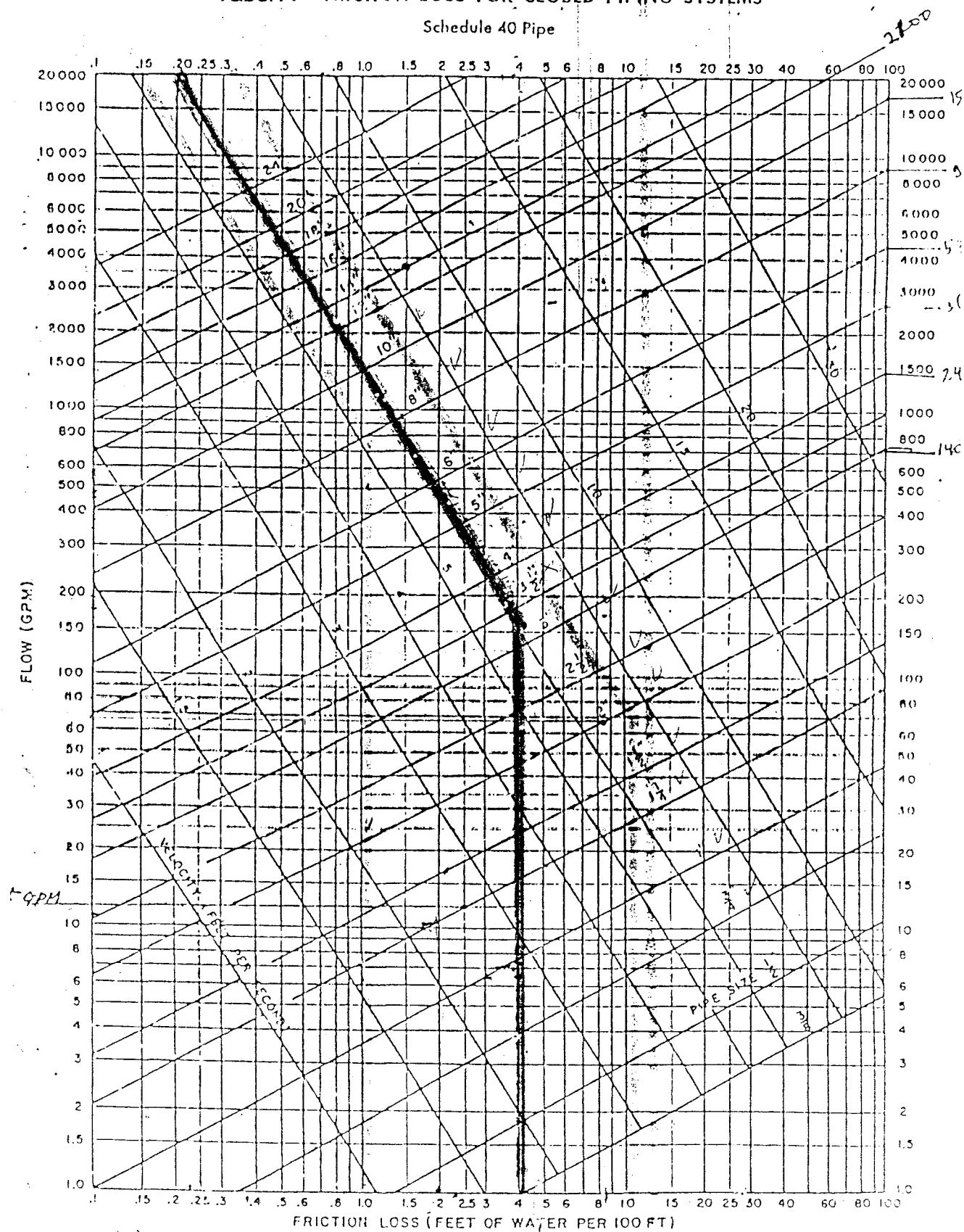
Dari penulisan Tugas Akhir ini dapatlah diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. sistem perpipaan yang dipakai adalah sistem tertutup yaitu air disirkulasikan secara kontinyu dari pompa hingga AHU.
2. Diameter pipa terkecil yang dipakai adalah 2,5 in dan diameter pipa terbesar yang dipakai adalah 8 in.
3. Kapasitas air yang melewati chiller adalah 720 GPM. atau dengan kapasitas refrigerant 300 TR.
4. Pompa yang digunakan untuk mensirkulasikan Chilled Water digunakan type ETA-N 100 x 80 –315.1 , dengan memakai diameter impeller 318 mm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fox, Robert W, & Mc Donald, Alan T " *INTRODUCTION TO FLUID MECHANIC*" Thirt Edition, Jhon Wiley & Sons, Inc, Newyork Copyright 1985.
2. Sularso,Ir, Msme dan Tahara, Haruo,Prof,Dr " *POMPA DAN KOMPRESOR PEMILIHAN PEMAKAIAN DAN PEMELIHARAAN* " PT. Pradnya Paramita Jakarta 1987.
3. Carier Air Conditioning Company " *HANDBOOK OF AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN*" Mc Graw Hill Book Company, Copy right 19654.
4. Karassik, Igor J, Krutzsch,William C,Fraser, Warren H, and Messina, Joseph P, " *PUMP HANBOOK* " Mc Graw Hill Book Company, Copyright 1976.
5. Arora, C.p," *REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING*" , Tata Mc Graw Hill Publishing Company United, New Delhi, 1981.
6. K, Handoko , " *ROOM AIR CONDITIONER* " Cetakan pertama, PT. Ichtiar Baru, Jakarta 1979.
7. Stoecker, Wilbert F, dan Hara, Supratman " *REFRIGERASI DAN PENGKONDISIAN UDARA* " Edisi kedua, Erlangga, Jakarta 1996.
8. Matley,Jay and Staff of Chemical Engineering " *FLUID MOVERS PUMP, COMPRESSOR, FAN AND BLOWERS*" Mc Graw Hill Publications Co, New York, N.Y, 1979.
9. Rishel, James B, PE " *HVAC PUMP HAND BOOK* " Mc Graw Hill Book Company , Copy right 1996.
10. Brosur ETA-N" *CENTRIFUGAL PUMP*" Torishima Pump MFG, CO, LTD.
11. " *CHILLER INSTALLATION AND OPERATION MAIN TENANCE MANUAL*" TRANETM 1989.
12. Brosur " *BALANCED, TWO-WAY PLUG VALVE CAST IRON , PN 16*" Incentive Group 1993.











LAMPIRAN 1
 Tabel A — FRICTION LOSS FOR CLOSED PIPING SYSTEMS
 Schedule 40 Pipe







LAMPIRAN 2

Tabel B -- FITTING LOSSES IN EQUIVALENT FEET OF PIPE

Screwed, Welded, Flanged, Flared, and Brazed Connections

NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE (in.)	SMOOTH BEND ELBOWS						SMOOTH BEND TEES			
	90° Std*	90° Long Red.†	90° Street*	45° Std*	45° Street*	180° Std*	Flow-Thru Branch	Straight-Thru Flow		
								No Reduction 	Reduced 1/4 	Reduced 1/2 
3/8	1.4	0.9	2.3	0.7	1.1	2.3	2.7	0.9	1.2	1.4
1/2	1.6	1.0	2.5	0.8	1.3	2.5	3.0	1.0	1.4	1.6
3/4	2.0	1.4	3.2	0.9	1.6	3.2	4.0	1.4	1.9	2.0
1	2.6	1.7	4.1	1.3	2.1	4.1	5.0	1.7	2.3	2.6
1 1/4	3.3	2.3	5.6	1.7	3.0	5.6	7.0	2.3	3.1	3.3
1 1/2	4.0	2.6	6.3	2.1	3.4	6.3	8.0	2.6	3.7	4.0
2	5.0	3.3	8.2	2.6	4.5	8.2	10	3.3	4.7	5.0
2 1/2	6.0	4.1	10	3.2	5.2	10	12	4.1	5.6	6.0
3	7.5	5.0	12	4.0	6.4	12	15	5.0	7.0	7.5
3 1/2	9.0	5.9	15	4.7	7.3	15	18	5.9	8.0	9.0
4	10	6.7	17	5.2	8.5	17	21	6.7	9.0	10
5	13	8.2	21	6.5	11	21	25	8.2	12	13
6	16	10	25	7.9	13	25	30	10	14	16
8	20	13	—	10	—	33	40	13	18	20
10	25	16	—	13	—	42	50	16	23	25
12	30	19	—	16	—	50	60	19	26	30
14	34	23	—	18	—	55	68	23	30	34
16	38	26	—	20	—	62	78	26	35	38
18	42	29	—	23	—	70	85	29	40	42
20	50	33	—	26	—	81	100	33	44	50
24	60	40	—	30	—	94	115	40	50	60

Tabel C

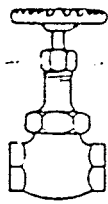
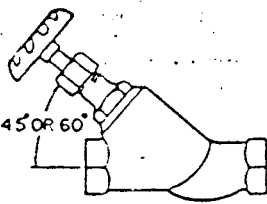
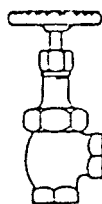
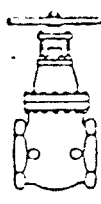
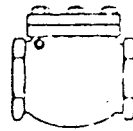

NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE (in.)	MITRE ELBOWS			
	90° Ell	60° Ell	45° Ell	30° Ell
				
3/8	2.7	1.1	0.6	0.3
1/2	3.0	1.3	0.7	0.4
3/4	4.0	1.6	0.9	0.5
1	5.0	2.1	1.0	0.7
1 1/4	7.0	3.0	1.5	0.9
1 1/2	8.0	3.4	1.8	1.1
2	10	4.5	2.3	1.3
2 1/2	12	5.2	2.8	1.7
3	15	6.4	3.2	2.0
3 1/2	18	7.3	4.0	2.4
4	21	8.5	4.5	2.7
5	25	11	6.0	3.2
6	30	13	7.0	4.0
8	40	17	9.0	5.1
10	50	21	12	7.2
12	60	25	13	8.0
14	68	29	15	9.0
16	78	31	17	10
18	85	37	19	11
20	100	41	22	13
24	115	49	25	16

*R/D approximately equal to 1, 1R/D approximately equal to 1.5.

LAMPIRAN 3

Tabel D—VALVE LOSSES IN EQUIVALENT FEET OF PIPE*

Screwed, Welded, Flanged, and Flared Connections

NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE (in.)	GLOBE†	60° - Y	45° - Y	ANGLE‡	GATE†	SWING CHECK‡	LIFT CHECK
							
3/8	17	8	6	6	0.6	5	Globe & Vertical Lift Same as Globe Valve**
1/2	18	11	7	7	0.7	6	
3/4	22	11	9	9	0.9	8	
1	29	15	12	12	1.0	10	
1 1/4	38	20	15	15	1.5	14	
1 1/2	43	24	18	18	1.8	16	
2	55	30	24	24	2.3	20	
2 1/2	69	35	29	29	2.8	25	
3	84	43	35	35	3.2	30	
3 1/2	100	50	41	41	4.0	35	
4	120	58	47	47	4.5	40	
5	140	71	58	58	6	50	
6	170	88	70	70	7	60	Angle Lift Same as Angle Valve
8	220	115	85	85	9	80	
10	280	145	105	105	12	100	
12	320	165	130	130	13	120	
14	360	185	155	155	15	135	
16	410	210	180	180	17	150	
18	460	240	200	200	19	165	
20	520	275	235	235	22	200	
24	610	320	265	265	25	240	

Losses are for all valves in fully open position.

These losses do not apply to valves with needle point type seats.

Losses also apply to the in-line, ball type check valve.

For "Y" pattern globe lift check valve with seat approximately equal to the nominal pipe diameter, use values of 60° "Y" valve for loss.

Regular and short pattern plug cock valves, when fully open, have same loss as gate valve. For valve losses of short pattern plug cocks above 6 ins. check manufacturer.

LAMPIRAN 4

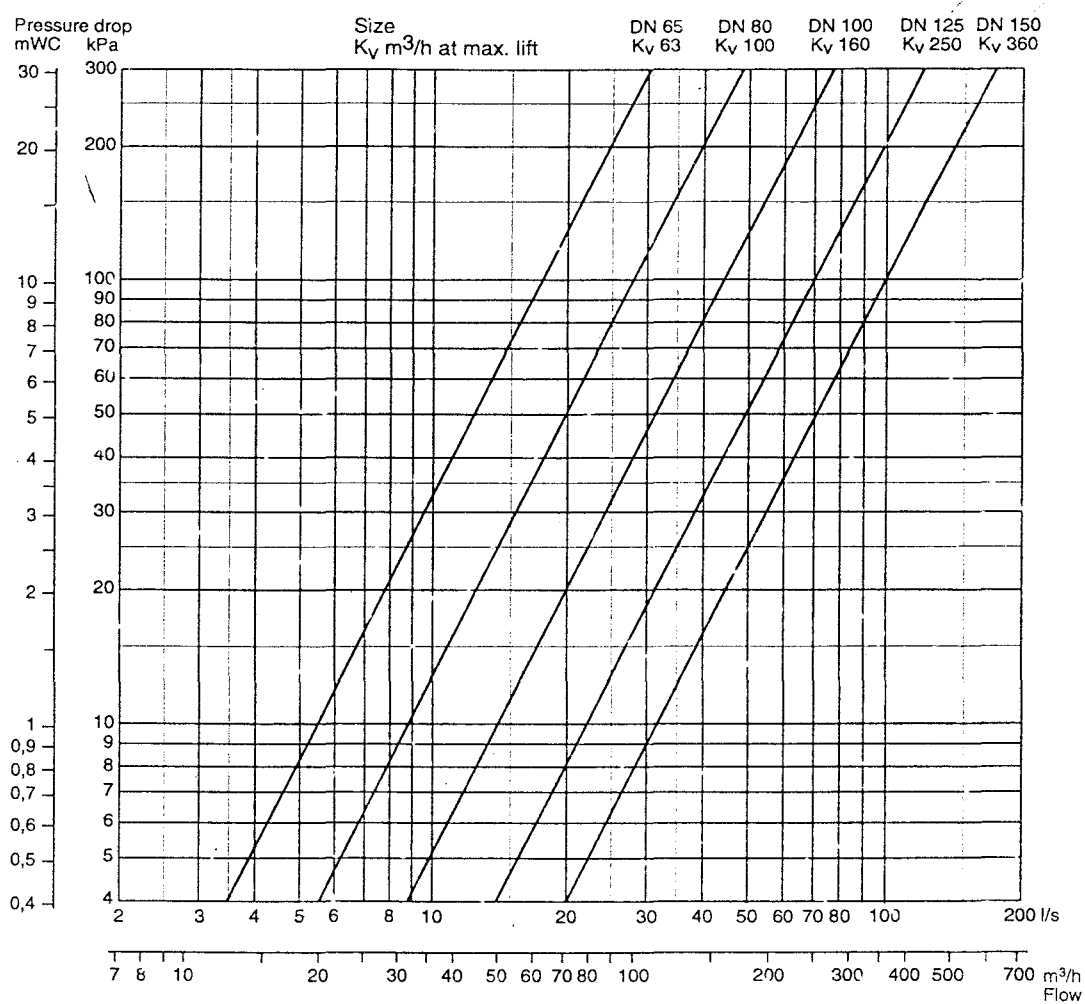
Tabel E Representative Equivalent Length in Pipe Diameters (L/D) of Various Valves and Fittings. (From Crane Co. Technical Paper 410, Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe. Copyright 1969.)

Description of product				Equivalent length in pipe diameters, L/D	
Globe valves	Stem perpendicular to run	With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat	Fully open	340	
		With wing or pin-guided disk	Fully open	450	
	Y pattern	(No obstruction in flat, bevel, or plug type seat)	Fully open	175	
		With stem 60° from run of pipeline	Fully open	145	
Angle valves		With stem 45° from run of pipeline	Fully open	145	
		With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat	Fully open	200	
Gate valves	Wedge, disk, double disk, or plug-disk		Fully open	13	
			Three-quarters open	35	
			One-half open	160	
			One-quarter open	900	
	Pulp stock		Fully open	17	
		Three-quarters open	50		
		One-half open	260		
		One-quarter open	1300		
Conduit pipeline gate, ball, and plug valves			Fully open	3*	
Check valves	Conventional swing	0.5†	Fully open	135	
	Clearway swing	0.5†	Fully open	50	
	Globe-lift or stop; stem perpendicular to run or Y pattern	2.0†	Fully open	Same as globe	
	Angle-lift or stop	2.0†	Fully open	Same as angle	
	In-line ball	2.5 vertical and 0.25 horizontal†	Fully open	150	
Foot valves with strainer		With poppet lift-type disk	0.3†	Fully open	420
		With leather-hinged disk	0.4†	Fully open	75
Butterfly valves (8-in and larger)			Fully open	40	
Cocks	Straight-through	Rectangular plug port area equal to 100% of pipe area	Fully open	18	
	Three-way	Rectangular plug port area equal to 80% of pipe area (fully open)	Flow straight through Flow through branch	44 110	
Fittings	90° standard elbow			50	
	45° standard elbow			16	
	90° long radius elbow			20	
	90° street elbow			50	
	45° street elbow			26	
	Square-corner elbow			57	
	Standard T	With flow through run With flow through branch		20 60	
Close-pattern return bend			50		

* Exact equivalent length is equal to the length between flange faces or welding ends.
† Minimum calculated pressure drop (lb/in²) across valve to provide sufficient flow to lift disk fully.

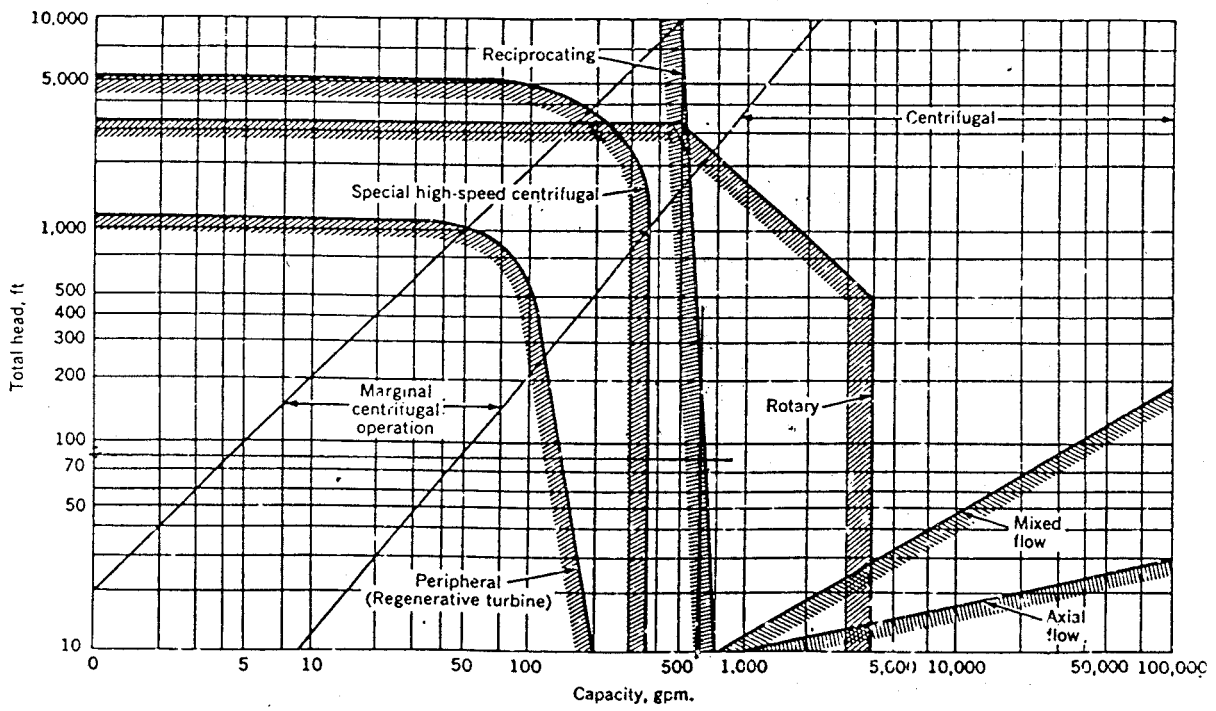
LAMPIRAN 5

Tabel F Pressure drop for motorized valve

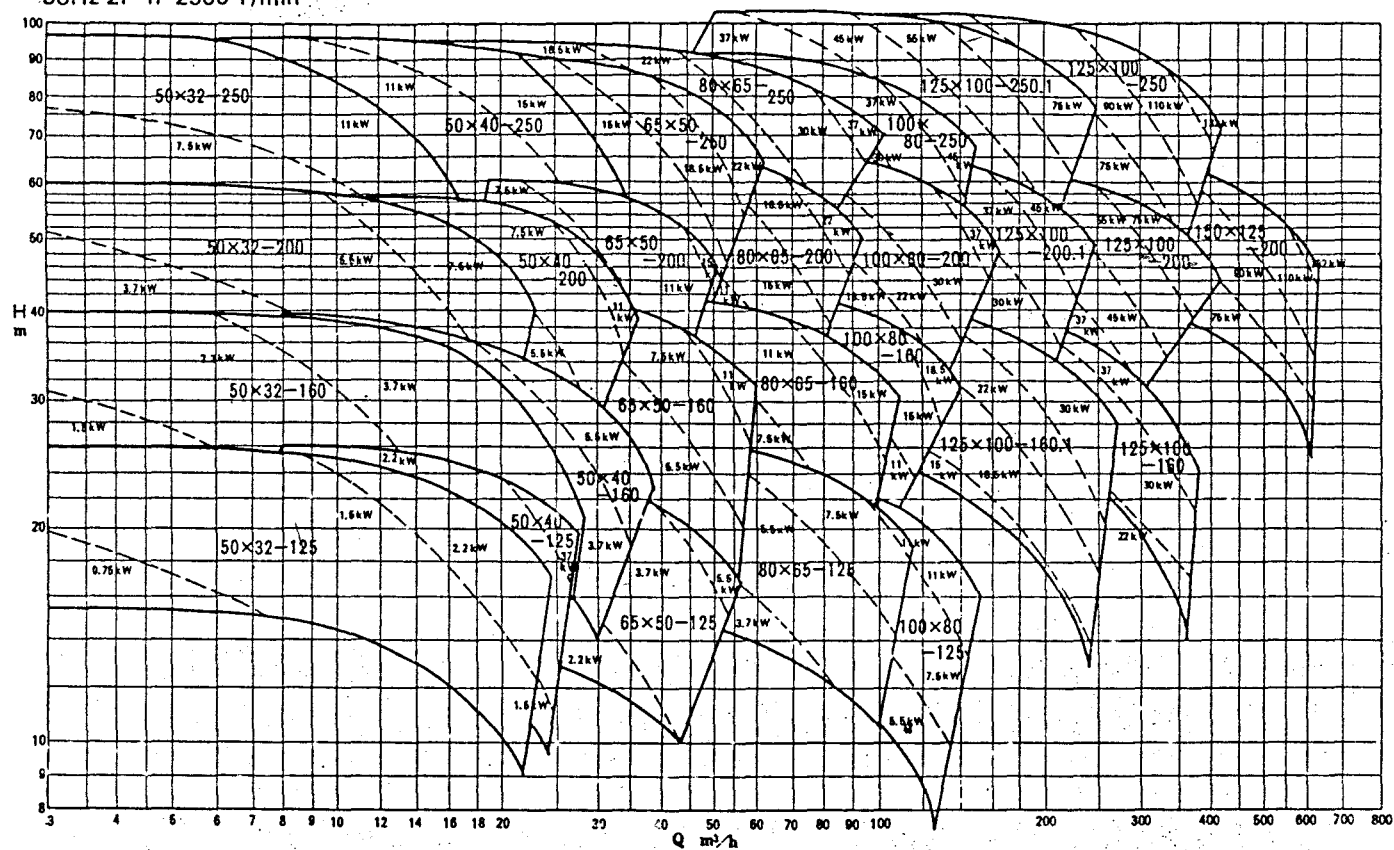


LAMPIRAN 6

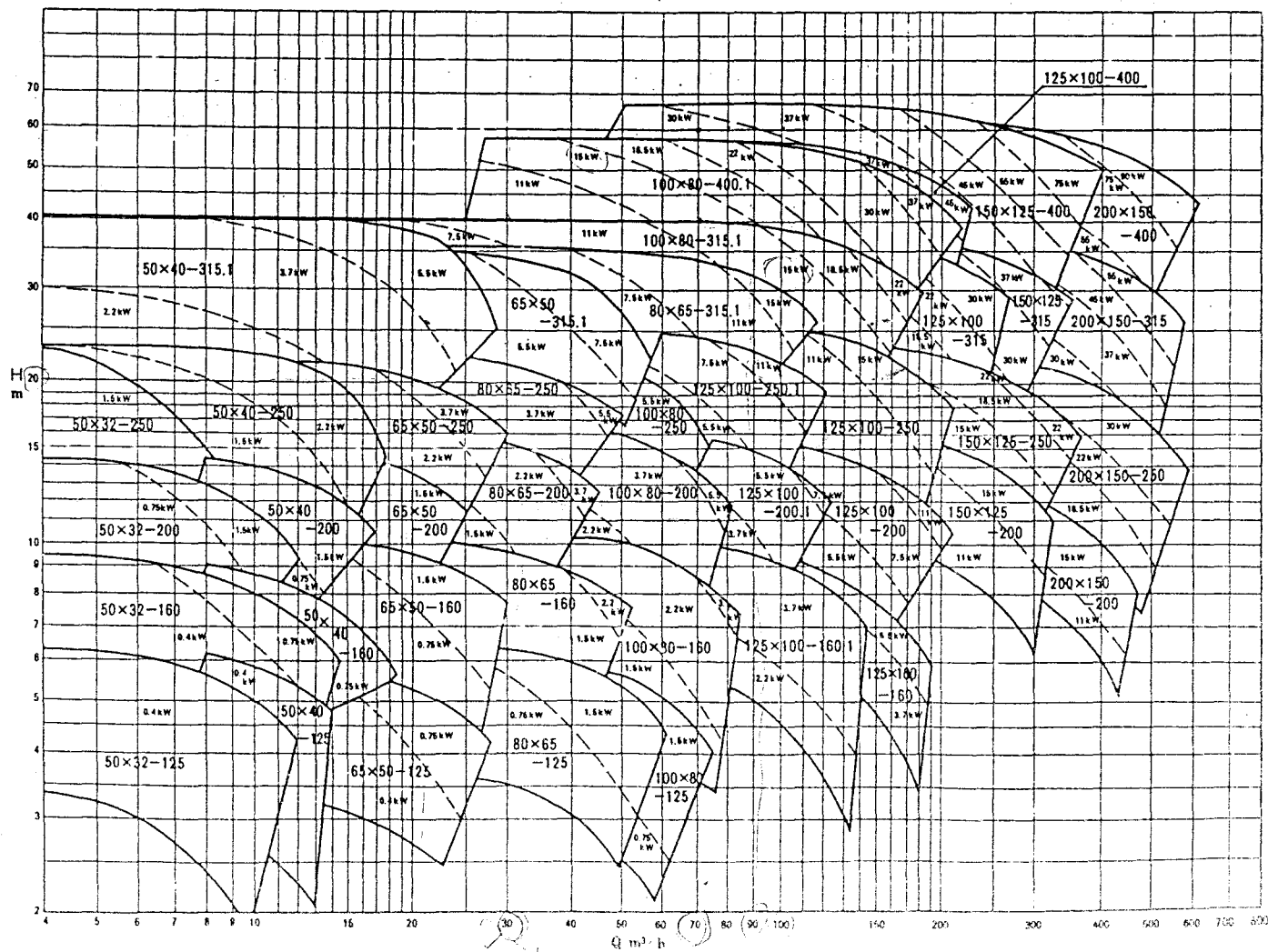
Tabel G Pemilihan jenis pompa



50Hz-2P n=2900 1/min



50Hz-4P n=1450 1/min





CENTRIFUGAL PUMP

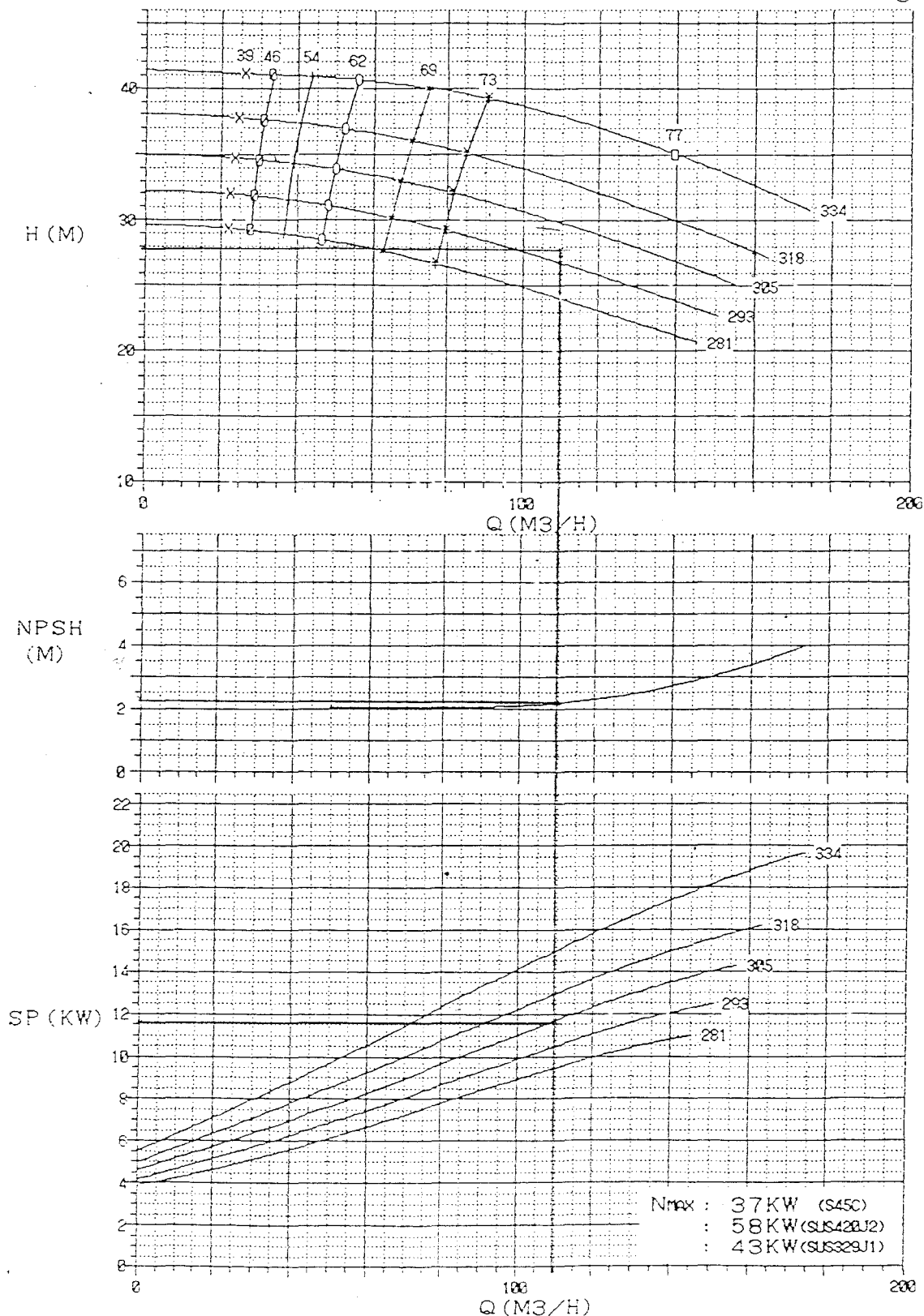
ETA-N 100×80-315.1 (Bearing Size) 45A

50 Hz 4 P

1450 1/min

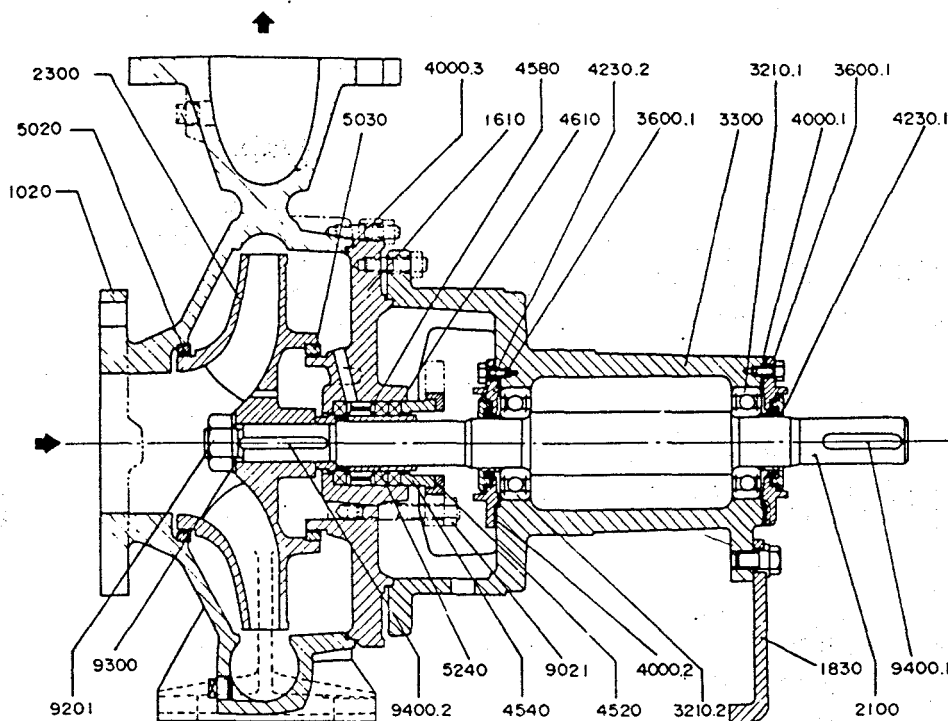
機 Item No.	仕 Spec.	kgf/cm ² bar, m	m ³ /hr m ³ /min	rpm	kW
用 Service					

Ⓐ

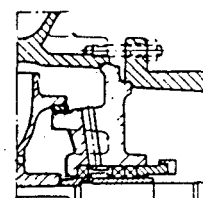


本性能線図は常温清水 (SG: 1) の場合のものを示します。 This curve refers to density = 1

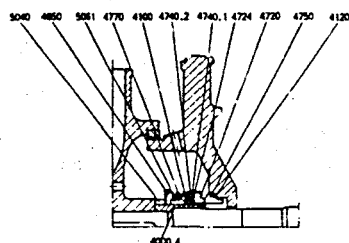
Sectional Drawings and List of Components



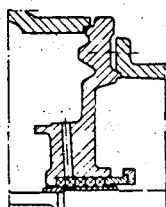
"Push-in" discharge cover



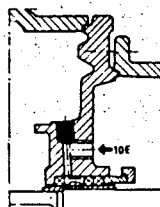
50 x 32 - 125
50 x 32 - 160
50 x 40 - 125
50 x 40 - 160
65 x 50 - 125
65 x 50 - 160
80 x 65 - 125
80 x 65 - 160
100 x 80 - 125
100 x 80 - 160
125 x 100 - 160.1
125 x 100 - 200.1
125 x 100 - 160
125 x 100 - 200
150 x 125 - 200
150 x 125 - 315
200 x 150 - 200
200 x 150 - 250
200 x 150 - 315

Shaft Seals
Mechanical seal

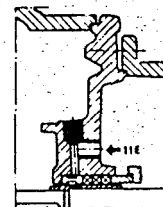
NB



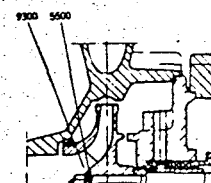
NC



VH



Impeller unbalanced



50 x 32 - 125
50 x 40 - 125
65 x 50 - 125

Part No.	Part Designation	Part No.	Part Designation	Part No.	Part Designation
1020	Volute casing	4230.2	Labyrinth ring	(Mechanical Seal)	
1610	Casing cover	4520	Gland	4000.4	Flat gasket
1830	Support foot	4540	Gland bush	4100	Packing
2100	Shaft	4580	Lantern ring	4120	O-ring
2300	Impeller	4610	Gland packing	4720	Washer
3210.1	Ball bearing	5020	Casing wear ring	4724	Back up ring
3210.2	Ball bearing	5030	Impeller wear ring	4740.1	Stopper
3300	Bearing housing	5240	Shaft protecting sleeve	4740.2	Stopper
3600.1	Bearing cover	5500	Washer	4750	Seat
3600.2	Bearing cover	9021	Gland bolt	4770	Spring
4000.1	Flat gasket	9201	Hexagonal nut	4850	Stopper
4000.2	Flat gasket	9300	Spring washer	5040	Distance ring
4000.3	Flat gasket	9400.1	Key	5061	Spline ring
4230.1	Labyrinth ring	9400.2	Key	5241	Seal sleeve

DISTRIBUTOR :
PT GUNA ELEKTRO

Jakarta :
Jl. Hayam Wuruk 3, Jakarta 10 120
TEL (021) 380 0014, 345 936
TLX 46 491, 45 723; FAX (021) 355 385

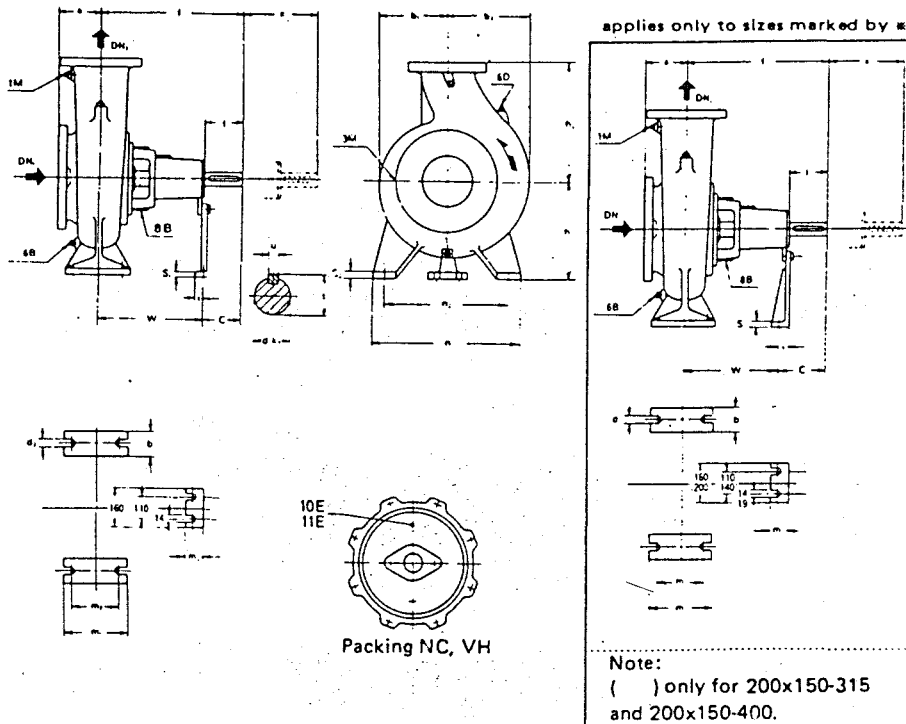
Surabaya :
Jl. Panglima Sudirman 16, Surabaya 60 271
TEL (031) 41 045, 45 579
TLX 34 315; FAX (031) 46 101

Medan :
Jl. Pemuda 19 F/G, Medan 20 151
TEL (061) 326 120, 327 613
TLX 51 103; FAX (061) 512 028



FACTORY :
PT TORISHIMA GUNA INDONESIA
Jln. Rawasumur Timur No. 1 Kawasan Industri Pulo Gadung,
Jakarta Timur, Indonesia. Telp. (021) 4890205, Cable : TORINA

Dimension Table

Dimensi Flens (acc. to JIS 10 kgf/cm² F.F.)

Dimensions in mm

N D	φ A	φ B	φ C	F	N-φ Z
32	32	100	135	20	4-19
40	40	105	140	20	4-19
50	50	120	155	20	4-19
65	65	140	175	22	4-19
80	80	150	185	22	8-19
100	100	175	210	24	8-19
125	125	210	250	24	8-23
150	150	240	280	26	8-23
200	200	290	330	26	12-23

Auxiliary connection

Symbol	Name
1M	Pressure measuring instrument
3M	Pressure measuring instrument
6B	Casing drain
6D	Priming and venting
8B	Leakage drain
10E	Sealing liquid inlet
11E	Flushing liquid inlet

Pump sizes	1M 3M	6B 6D	8B	10E 11E
Dimensi				
50x 32-125 50x 32-160 50x 32-200 50x 32-250				
50x 40-125 50x 40-160 50x 40-200 50x 40-250				
65x 50-125 65x 50-160 65x 50-200 65x 50-250 50x 40-315.1				
80x 65-125 80x 65-160 80x 65-200 80x 65-250 65x 50-315.1	PS 3/4"	PS 3/4"	PS 3/4"	PS 3/4"
100x 80-125 100x 80-160 100x 80-200 100x 80-250 80x 65-315.1				
125x 100-160.1 125x 100-200.1 125x 100-250.1 100x 80-315.1 150x 80-400.1				
150x 125-200 150x 125-250 150x 125-315 150x 125-400		PS 3/4"		
200x 150-200 200x 150-250 200x 150-315 200x 150-400				

Type Pompa	Dimensi Pompa								Dimensi kaki pompa										Dimensi Shaft							
	DN ₁	DN ₂	a	b ₁	b ₂	f	h ₁	h ₂	b	c	d ₂	i	m ₁	m ₂	m ₃	n ₁	n ₂	s ₁	s ₂	w	d.k.	l	t	u	x	
50× 32–125	50	32	80	113	113	360	112	140	50	75	14	25	100	70	50	190	140	8	15	285	24	50	27	8	100	
50× 32–160	50	32	80	116	125	360	132	160	50	75	14	25	100	70	50	240	190	8	15	285	24	50	27	8	100	
50× 32–200	50	32	80	128	137	360	160	180	50	75	14	25	100	70	50	240	190	8	18	285	24	50	27	8	100	
50× 32–250	50	32	100	164	171	360	180	225	65	75	14	25	125	95	50	320	250	8	18	285	24	50	27	8	100	
50× 40–125	50	40	80	113	113	360	112	140	50	75	14	25	100	70	50	190	140	8	15	285	24	50	27	8	100	
50× 40–160	50	40	80	113	125	360	132	160	50	75	14	25	100	70	50	240	190	8	15	285	24	50	27	8	100	
50× 40–200	50	40	80	132	141	360	160	180	50	75	14	25	100	70	50	240	190	8	18	285	24	50	27	8	100	
50× 40–250	50	40	100	170	176	360	180	225	65	75	14	25	125	95	50	320	250	8	18	285	24	50	27	8	100	
65× 50–125	65	50	80	113	113	360	112	140	50	75	14	25	100	70	50	210	160	8	15	285	24	50	27	8	100	
65× 50–160	65	50	80	115	131	360	132	160	50	75	14	25	100	70	50	240	190	8	15	285	24	50	27	8	100	
65× 50–200	65	50	100	133	147	360	160	180	50	75	14	25	100	70	50	265	212	8	15	285	24	50	27	8	100	
65× 50–250	65	50	100	165	178	360	180	225	65	75	14	25	125	95	50	320	250	8	18	285	24	50	27	8	100	
50× 40–315.1	50	40	125	194	203	470	225	250	65	100	14	25	125	95	50	345	280	12	18	370	32	80	35	10	100	
80× 65–125	80	65	100	126	126	360	132	160	50	75	14	25	100	70	50	240	190	8	15	285	24	50	27	8	100	
80× 65–160	80	65	100	126	147	360	160	180	50	75	14	25	100	70	50	265	212	8	15	285	24	50	27	8	100	
80× 65–200	80	65	100	145	165	360	160	200	50	75	14	25	100	70	50	265	212	8	15	285	24	50	27	8	100	
80× 65–250	80	65	100	168	184	360	180	225	65	75	14	25	125	95	50	320	250	8	18	285	24	50	27	8	100	
65× 50–315.1	65	50	125	200	216	470	225	280	65	100	14	25	125	95	50	345	280	12	18	370	32	80	35	10	100	
100× 80–125	100	80	100	120	148	360	160	180	65	75	14	25	125	95	50	280	212	8	18	285	24	50	27	8	100	
100× 80–160	100	80	100	130	158	360	160	200	65	75	14	25	125	95	50	280	212	8	18	285	24	50	27	8	100	
100× 80–200	100	80	100	164	177	360	180	225	65	75	14	25	125	95	50	320	250	8	18	285	24	50	27	8	100	
100× 80–250	100	80	100	180	200	470	200	250	80	100	19	25	160	120	50	360	280	8	20	370	32	80	35	10	140	
80× 65–315.1	80	65	125	208	229	470	225	280	80	100	19	25	160	120	50	400	315	12	20	370	32	80	35	10	140	
125× 100–160.1	125	100	125	153	192	360	180	225	65	75	14	25	125	95	50	320	250	8	18	285	24	50	27	8	100	
125× 100–200.1	125	100	125	161	189	470	180	250	65	100	14	25	125	95	50	345	280	8	18	370	32	80	35	10	140	
125× 100–250.1	125	100	125	184	210	470	225	280	80	100	19	25	160	120	50	400	315	12	18	370	32	80	35	10	140	
100× 80–315.1	100	80	125	220	244	470	250	315	80	100	19	25	160	120	50	400	315	12	20	370	32	80	35	10	140	
100× 80–400.1	100	80	125	253	276	530	280	355	80	160	19	30	160	120	52	435	355	12	20	370	42	115	45	12	140	
125× 100–160	125	100	125	178	225	470	200	250	80	100	19	25	160	120	50	360	280	8	18	370	32	80	35	10	140	
125× 100–200	125	100	125	173	213	470	200	280	80	100	19	25	160	120	50	360	280	8	18	370	32	80	35	10	140	
125× 100–250	125	100	140	190	220	470	225	280	80	100	19	25	160	120	50	400	315	12	20	370	32	80	35	10	140	
125× 100–315	125	100	140	225	255	470	250	315	80	100	19	25	160	120	50	400	315	12	18	370	32	80	35	10	140	
125× 100–400	125	100	140	253	280	530	280	355	100	160	24	30	200	150	52	500	400	12	20	370	42	115	45	12	140	
150× 125–200	150	125	140	195	244	470	250	315	80	100	19	25	160	120	50	400	315	12	20	370	32	80	35	10	140	
150× 125–250	150	125	140	226	275	470	250	355	80	100	19	25	160	120	50	400	315	12	18	370	32	80	35	10	140	
150× 125–315	150	125	140	238	278	530	280	355	100	160	24	30	200	150	52	500	400	12	20	370	42	115	45	12	140	
150× 125–400	150	125	140	275	305	530	315	400	100	160	24	30	200	150	52	500	400	12	20	370	42	115	45	12	140	
200× 150–200	200	150	160	238	315	470	280	400	100	100	24	25	200	150	50	550	450	12	20	370	32	80	35	10	140	
200× 150–250	200	150	160	228	298	530	280	375	100	160	24	30	200	150	52	500	400	12	20	370	32	115	45	12	140	
200× 150–315	200	150	160	255	303	530	315	400	100	160	24	30	200	150	52	550	450	12	20	370	42	115	45	12	140	
200× 150–400	200	150	160	285	325	530	315	450	100	160	24	30	200	150	52	550	450	12	20	370	42	115	45	12	140	